



00376  
2

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**COMPORTAMIENTO DE LA REGENERACIÓN  
DE *Pinus pseudostrobus* Lindl., BAJO  
DIFERENTES AMBIENTES LUMÍNICOS Y  
TRATAMIENTOS DE PREPARACIÓN DE SITIO  
EN NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO,  
MICHOACÁN, MÉXICO.**

# **T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS (ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

**P R E S E N T A**

MIGUEL ANGEL BELLO GONZALEZ

DIRECTOR (A) DE TESIS: DR. GERARDO SEGURA WARNHOLTZ

MEXICO, D.F.

FEBRERO 2003

i

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# **PAGINACIÓN DISCONTINUA**

## DEDICATORIAS

En memoria de mi madre Margarita, en donde estés te agradezco todo lo que soy

A mi esposa Ma. Elena Tinoco Espinosa por su apoyo incondicional, su amor y su comprensión

Con amor, para quienes justifican mi existencia y han construido mi historia: Shadia, Dagmara y Michel Bello Tinoco, mis hijos

A mis hermanos y en especial a Enrique por su apoyo y sobre todo por ser mi cuate

A todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a la culminación de este prolongadísimo trabajo

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias a los medios e instalaciones del CEFAP-Uruapan, Michoacán, dependencia del INIFAP y a la dirección técnica forestal de la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Agradezco al comité de sinodales sus atinadas revisiones y sugerencias y en especial a las doctoras Consuelo Bonfil Sanders, Alma Delfina Lucia Orozco Segovia y Rosalva María Antonieta Landa Ordaz.

Asi también a la M.C. Ma. Esther Sánchez Coronado por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos de los resultados.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Presentación del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. General.....	7
1.2.2. Específicos.....	7
1.3. Hipótesis.....	7
1.4. Antecedentes.....	8
1.4.1. Factores abióticos y bióticos que determinan la regeneración.....	8
1.4.2. Tratamientos silvícolas de la regeneración.....	20
1.4.3. Generalidades de <i>Pinus pseudostrobus</i> .....	22
CAPITULO 11. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	25
CAPITULO 111. MÉTODOS.....	33
3.1. Selección de rodales.....	33
3.2. Establecimiento de unidades experimentales.....	34
3.3. Diseño experimental .....	35
3.4. Medición de índice de área foliar.....	36
3.5. Establecimiento de sitios para evaluar la regeneración mediante la siembra directa de semillas.....	38
3.6. Tratamientos de preparación de sitio.....	39
3.6.1. Quemias prescritas.....	39
3.6.2. Eliminación de la vegetación (Limpia).....	40
3.6.3. Barbecho.....	40
3.7. Siembra directa de semillas.....	40
3.8. Análisis de datos.....	42
3.9. Evaluaciones de la regeneración.....	42
3.10. Análisis estadístico.....	43

CAPITULO IV. RESULTADOS.....	48
4.1. Emergencia.....	48
4.2. Supervivencia.....	52
4.2.1. 5 meses.....	52
4.2.2. 8 meses.....	54
4.2.3. 11 meses.....	57
4.2.4. 15 meses.....	57
4.2.5. 21 meses.....	58
4.3. Crecimiento.....	63
4.3.1. 2 meses.....	63
4.3.2. 5 meses.....	65
4.3.3. 8 meses.....	68
4.3.4. 11 meses.....	71
4.3.5. 15 meses.....	72
4.3.6. 21 meses.....	74
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	74
5.1. Influencia de los tratamientos de preparación de sitio.....	82
5.1.1. Emergencia y supervivencia.....	82
5.1.2. Crecimiento.....	93
5.2. Influencia de la incidencia luminica.....	94
5.2.1. Emergencia y supervivencia.....	94
5.2.2. Crecimiento.....	97
5.3. Estado actual e implicaciones silvícolas.....	100
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	109
LITERATURA CITADA.....	111
ANEXOS.....	132

v

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1.	Selección de rodales de <i>Pinus pseudostrobus</i> .....	33
Cuadro 2.	Area de copa y diámetro promedio correspondiente a cada tratamiento y el número de árboles que las contienen.....	35
Cuadro 3.	Indice de área foliar con relación a las diferentes densidades de arbolado.....	38
Cuadro 4.	Edad de la plántula y fechas de medición de la regeneración de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	43
Cuadro 5.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	48
Cuadro 6.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)....	50
Cuadro 7.	Prueba de rango múltiple para la emergencia de plántulas del factor preparación de sitio.....	50
Cuadro 8.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	51
Cuadro 9.	Prueba de rango múltiple para la emergencia de plántulas del factor intensidad luminica.....	51
Cuadro 10.	Análisis de varianza para un factorial en un Diseño de bloques al azar.....	52
Cuadro 11.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)....	53
Cuadro 12.	Prueba de rango múltiple para la supervivencia de plántulas del factor labores de preparación de sitio.....	53
Cuadro 13.	Porcentaje promedio de supervivencia de los tratamientos.....	54
Cuadro 14.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar .....	55

Cuadro 15.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)...	55
Cuadro 16.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	56
Cuadro 17.	Porcentaje promedio de supervivencia de los tratamientos.....	57
Cuadro 18.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	63
Cuadro 19.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)...	64
Cuadro 20.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	65
Cuadro 21.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	66
Cuadro 22.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)...	66
Cuadro 23.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	67
Cuadro 24.	Agrupación de resultados de la comparación de medias de los tratamientos AB.....	68
Cuadro 25.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	68
Cuadro 26.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (Labores de preparación de sitio)...	69
Cuadro 27.	Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	70
Cuadro 28.	Agrupación de resultados de la comparación de medias de los tratamientos AB.....	70
Cuadro 29.	Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	71

Cuadro 30. Medias del factor B (intensidad luminica) ordenadas en forma decreciente.....	71
Cuadro 31. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	72
Cuadro 32. Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	73
Cuadro 33. Medias del factor B (intensidad luminica) ordenadas en forma decreciente.....	73
Cuadro 34. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	74
Cuadro 35. Análisis de varianza para un factorial en un diseño de bloques al azar.....	75
Cuadro 36. Medias del factor B (intensidad luminica) ordenadas en forma decreciente.....	75
Cuadro 37. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (Intensidad luminica).....	76
Cuadro 38. Prueba de rango múltiple para altura de plántulas del factor intensidad luminica.....	76
Cuadro 39. Tabla general de los valores P'S.....	81

TRABAJO CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO DE FIGURAS

Fig. 1. Ubicación del área de estudio.....	25
Fig. 2. Distribución de unidades experimentales.....	34
Fig. 3. Distribución de puntos de medición para el cálculo de índice de área foliar.....	37
Fig. 4. Distribución de sitios de muestreo de regeneración..	43
Fig. 5. Emergencia de plántulas de <i>Pinus pseudostrabus</i> bajo cuatro tratamientos preparación de sitio.....	49
Fig. 6. Supervivencia de plántulas de <i>Pinus pseudostrabus</i> bajo cuatro tratamientos de preparación de sitio....	59
Fig. 7. Supervivencia de plántulas de <i>Pinus pseudostrabus</i> bajo seis intensidades de luminosidad, representadas por seis densidades de arbolado.....	61
Fig. 8. Altura de plántulas de <i>Pinus pseudostrabus</i> en seis tratamientos de intensidad lumínica, representadas por seis densidades de arbolado.....	78
Fig. 9. Altura final de plántulas de <i>Pinus pseudostrabus</i> después de 21 meses.....	79

## RESUMEN

La falta de regeneración en la zona boscosa bajo manejo forestal dentro de la comunidad Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, permitió el desarrollo del presente estudio con el siguiente objetivo: caracterizar la regeneración de ***Pinus pseudostrobus*** Lindl., en respuesta a un gradiente de luminosidad y a diferentes tratamientos de preparación de sitio. La metodología consistió en la selección de rodales, elección de 6 intensidades lumínicas (densidades de arbolado), establecimiento de 72 sitios, tratamientos de preparación de sitio (quema, limpia, barbecho y testigo), siembra de 420 semillas y análisis de varianza factorial. De los resultados obtenidos se desprende lo siguiente: la emergencia a los 2 meses aplicando los cuatro y seis tratamientos, fue de 27.19 % (20, 301 plántulas por hectárea), habiendo diferencias para el testigo con 29.77 % y para la densidad 88 árboles con 35.15%. Hubo diferencias entre tratamientos en el quinto y octavo mes, habiendo dentro del barbecho y la limpia una supervivencia de más del 60 %. Las interacciones 88 y 140 árboles con barbecho y limpia, mostraron en ese periodo, 70 y 90 % de supervivencia. En el lapso de 5 a 11 meses, se observó una drástica mortalidad de más del 70 %. Con relación a la altura de las plántulas dentro de los cuatro y seis tratamientos, se observaron diferencias en el quinto y el octavo mes, siendo las del testigo y la limpia las de mayor alturas, mientras que dentro de la densidad 0 árboles, fueron superiores durante todo el lapso de tiempo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ABSTRACT

The regeneration lack in the area boscosa low forest handling inside the New community San Juan Parangaricutiro, Michoacan, allowed the development of study with the following objective: to characterize the regeneration of *Pinus pseudostrabus* Lindl., in answer to a gradient of brightness and different treatments of site preparation. The methodology consisted on the stands selection, election of 6 light intensities (densities of tree-lined), establishment of 72 sites, treatments of site preparation (burning, clean, fallow and control), sowing of 420 seeds and analysis of factorial variance. Of the obtained results comes off the following thing: the emergency to the 2 months applying the four and six treatments, it was of 27.19% (20, 301 seedling for hectare), there being differences for the control with 29.77% and for the density 88 trees with 35.15%. There were differences among treatments in the fifth and eighth month, there being inside the fallow and the clean one a survival of more than 60%. The interactions 88 and 140 trees with fallow and it cleans, they showed in that period, 70 and 90% of survival. In the lapse of 5 to 11 months, a drastic mortality was observed of more than 70%. With relationship to the height of the seedling inside the four and six treatments, differences were observed in the fifth and the eighth month, being those of the control and the clean one those of more heights, while inside the density 0 trees, they were superior during the whole lapse of time.

## CAPITULO 1. INTRODUCCION

### 1.1. Presentación del problema

La desaparición de la cubierta vegetal en grandes superficies forestales ha sido un problema mundial y México no es ajeno a esto. Según Varela (1998) se han perdido alrededor de 42.7 millones de hectáreas arboladas de la superficie original. Hasta 1950, las áreas deforestadas se estimaron en 20.2 millones de hectáreas y para el periodo 1950-1999, desaparecieron 22.5 millones de ha, con un promedio anual de 500 mil ha de bosques tropicales y templados (Varela, 1998). Para inicios de los años noventa se perdían anualmente 720 000 ha de bosques, selvas y vegetación semiárida (Mäser et al., 1997).

El estado de Michoacán, que cuenta con casi 60,000 km<sup>2</sup> y poco menos de 4000 000 habitantes ha sufrido intensos cambios. En un lapso de 18 años se perdieron 513 644 ha de bosques templados y 308 292 ha de selva, correspondientes a tasas anuales de deforestación de 1.8% y 1% respectivamente. Adicionalmente 20% de la superficie con bosques y selvas sufrió un proceso de degradación (Bocco et al., 2001).

En la Sierra Purépecha, situada en la parte centro-occidente del estado de Michoacán y que tiene una superficie de 680, 000 ha, se encuentra la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Esta región ha sufrido intensos cambios de uso del suelo durante las últimas décadas, presentando graves problemas ambientales, tales como deforestación en 119, 615 ha (17.6% de la superficie regional), disminución de la biodiversidad, pérdida del hábitat, escasa calidad de las masas forestales, erosión de suelos, agotamiento de manantiales,

1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

reducción del caudal hídrico en las áreas de escurrimiento, contaminación por el uso de agroquímicos, contaminación de aguas por los desechos urbanos, industriales y agrícolas, avance de la frontera agrícola y fragmentación de bosques (Chávez, 1999; CIMP et al., 1998).

Una de las grandes interrogantes que se tiene en la actualidad con relación a estos bosques, es la viabilidad de su regeneración natural. Hoy es evidente que la presión demográfica y la necesidad de producir más alimentos en esta región ha causado una perturbación notable sobre estos ecosistemas. Ante este problema se hace imprescindible la necesidad de conocer con mayor precisión el estado de la regeneración de algunas especies arbóreas de importancia económica y/o ecológica. Dado que muchos de estos ecosistemas están siendo utilizados en diversos grados y manejados en una escala mayor, se hace necesario conocer los aspectos regenerativos de los mismos.

Una de las características universales de todo ecosistema es el cambio continuo al que está sometido. Todo ecosistema es el resultado de un proceso continuo de cambios ocurridos en el pasado, los cuales pueden ser de muy diversa índole, como variaciones en el tamaño de las poblaciones, reemplazo de unas especies por otras, cambios micro y macroclimáticos, presencia de herbívoros o de factores de disturbio que modifican drásticamente los ecosistemas forestales, etc. Es importante señalar que estos cambios están relacionados entre sí, produciendo interacciones ecológicas complejas en el tiempo y en el espacio.

Cuando se habla de regeneración de ecosistemas forestales, hay que prestar atención a las condiciones especiales de aprovechamiento y explotación extensiva, ya que la regeneración de bosques se realiza en forma compleja dado los factores que inciden sobre ella. El proceso de regeneración de un bosque puede adoptar diferentes grados de continuidad y ésta, a su vez, está controlada por factores ligados a una fuente de semillas viables, a una cama semillera adecuada y a un microambiente compatible con los procesos de regeneración (Roe et al., 1970). Este microambiente está regulado por el dosel superior, formado por las copas de los árboles dominantes, por otras especies de la vegetación presente y las características del piso forestal. Estos conceptos deben de conocerse y manejarse adecuadamente si se quiere continuar usufructuando los beneficios del bosque a largo plazo.

Los factores que integran este microambiente y que están íntimamente ligados al establecimiento de la regeneración son: a) el microclima de la zona delgada exactamente arriba de la superficie del suelo, siendo éste producto de la suma de las interacciones entre la energía recibida del sol y las condiciones atmosféricas de dicha capa, con los factores como radiación solar, temperatura, humedad superficial y el movimiento del aire; b) las condiciones de la cama semillera, como la presencia o ausencia de hojarasca, helechos, musgos, líquenes, plantas herbáceas y arbustos leñosos, así como la humedad y el contenido de nutrientes de la capa superficial del suelo; c) otros factores, como la presencia de insectos, animales mayores, enfermedades y organismos del suelo (Roe et al., 1970; Fierros, 1990).

TRC CON  
FALLA DE ORIGEN

El conocimiento de estos factores permite predecir el comportamiento de la repoblación natural con relación a la germinación, el establecimiento y las posibles causas de mortalidad y sobrevivencia de las especies. Para las especies mexicanas, al igual que para muchas otras especies, se han reportado diversas condiciones microclimáticas bajo las cuales ocurre el establecimiento en forma natural, cuyos factores más importantes son la luz, la temperatura y la humedad (Musálem et al., 1991).

Parte de estas condiciones microclimáticas pueden ser modificadas mediante tratamientos de preparación de sitio, que facilitan que la semilla pueda germinar y la plántula establecerse. Estos tratamientos al suelo son de mucha importancia siempre y cuando el suministro de semillas en el piso forestal sea suficientemente grande y esto depende en parte de los tratamientos silvícolas empleados en el manejo forestal.

Por otro lado, la germinación de la semilla dependerá de la modificación que se haga del suelo para crear mejores condiciones en la cama semillera, las cuales incluyen el control de plantas competidoras (Shelton y Wittwer, 1991). Estos cambios, tanto del dosel como del suelo, permiten que las semillas, ya en la cama semillera, penetren en la hojarasca y esperen que las condiciones de luz, temperatura y humedad sean adecuadas para germinar y establecerse como plántulas.

La cantidad de luz que incide sobre el suelo forestal depende de la magnitud en la apertura de claros dentro de los rodales (Spurr y Barnes, 1980; Fierros, 1990; Shelton y Wittwer,

1991), la cual puede deberse a las condiciones de manipulación silvícola, por las diferentes densidades residuales, es decir, número de árboles dejados en pie después de una corta (Marquis, 1973; Musálem, 1984). Estos grados de densidad de arbolado se traducen en diferentes cantidades de luz y diferencias en la calidad espectral de la misma, lo cual influye sobre la regeneración debido a que algunas especies se desarrollan mejor con intensidades mínimas de luz (0.3 a 1.5 % de radiación total), mientras que otras necesitan arriba del 30 % de radiación total para sobrevivir en el sotobosque (Burns, 1923; Larcher, 1983).

La temperatura y la humedad, por su parte, también se ven afectadas por la radiación que llega al piso forestal, pero dependen también de las características físicas del suelo, además de la pendiente y exposición (Fierros, 1990; Shelton y Wittwer, 1991). Las plántulas durante las primeras etapas de su desarrollo son particularmente susceptibles a temperaturas extremas, a causa del incipiente desarrollo y fragilidad de sus estructuras morfológicas (Kramer y Kozlowski, 1979; Larcher, 1983). Si las raíces de estas plántulas no llegan a penetrar con rapidez hasta la capa de suelo húmedo o bien son expulsadas por la lluvia, mueren (Kozlowski, 1949). El déficit de humedad está intimamente ligado a la pérdida de suelo mineral y de materia orgánica (Smith, 1986). Algunas especies responden a cambios estacionales, siendo la temperatura y la humedad factores determinantes en el desarrollo de las plántulas (Kramer y Kozlowski, 1979; Larcher, 1983; Kimmins, 1987).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich., hay un gran desconocimiento de la complejidad de los procesos regenerativos de los bosques dominados por *Pinus pseudostrabus*, una especie de alto valor comercial, por lo que con base en un análisis de la literatura sobre los factores que afectan la regeneración de los bosques, nos propusimos conocer el efecto de diferentes condiciones de luz, temperatura y humedad, creadas por la liberación de espacios tanto en el dosel como en el suelo, en la germinación de las semillas y en el establecimiento de las plántulas de *Pinus pseudostrabus*. La forma convencional de crear las condiciones que favorezcan la regeneración es a través de las cortas de regeneración con modificaciones de la cama semillera. Las actividades de preparación del sitio incluyen la disminución tanto de la vegetación presente como de los desperdicios del aprovechamiento forestal.

Considerando que aún se desconocen algunos aspectos relacionados con las densidades óptimas de arbolado, y la influencia que éstas ejercen sobre la regeneración, al igual que las actividades de preparación de sitio en distintas condiciones de densidad residual, este estudio busca conocer las causas de la falta de regeneración en áreas bajo aprovechamiento forestal con dos enfoques principales: por un lado la influencia que ejercen las diferentes densidades residuales (expresada en número de árboles por hectárea) sobre la emergencia, la supervivencia y el crecimiento de plántulas de *Pinus pseudostrabus* y por otro lado conocer el comportamiento de las semillas y de las plántulas producto de la germinación, al eliminar la competencia por herbáceas, arbustos leñosos y los desperdicios producto de la corta.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. General

-Caracterizar la regeneración de *Pinus pseudostrabus*, en respuesta a un gradiente de luminosidad y bajo diferentes tratamientos de preparación de sitio en los bosques bajo manejo forestal en la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

### 1.2.2. Específicos

-Evaluar la emergencia, la supervivencia y el crecimiento en altura de plántulas de *Pinus pseudostrabus*, en respuesta a un gradiente de intensidad lumínica en el sotobosque.

-Evaluar la emergencia, supervivencia y crecimiento de plántulas de *Pinus pseudostrabus*, en respuesta a los siguientes tratamientos de preparación de sitio: quemas controladas, barbecho y eliminación de la vegetación herbácea y arbustiva en diferentes ambientes.

## 1.3. Hipótesis

-Una adecuada dosificación de luz mediante la apertura del dosel superior, permite crear condiciones lumínicas adecuadas para la emergencia, supervivencia y crecimiento de plántulas de *Pinus pseudostrabus*.

-Los tratamientos al suelo y a la vegetación, tales como eliminación de vegetación herbácea, la exposición de suelo mineral y el uso de quemas controladas, influyen en la emergencia, supervivencia y crecimiento de la regeneración de *Pinus pseudostrabus*, favoreciéndola.

#### 1.4. Antecedentes

##### 1.4.1. Factores abióticos y bióticos que determinan la regeneración

El proceso de regeneración natural está determinado por un microambiente específico en el cual frecuentemente los individuos experimentan la etapa más crítica de su existencia (Smith, 1962). Por lo tanto, el futuro del nuevo bosque natural bajo manejo depende de reconocer los factores que conforman a ese diminuto mundo, y en consecuencia, proveer las mejores condiciones para que las plantas superen con éxito esta corta pero importante etapa. El microambiente es controlado principalmente por la cobertura que proyectan las copas de los árboles, la vegetación del sotobosque y por las características del piso forestal (Fierros, 1990). Los factores más sobresalientes pueden dividirse en:

- a) Microclimas: radiación solar, temperatura y humedad superficial y el movimiento y composición del aire.
- b) Cama semillera: naturaleza del piso forestal, humedad y contenido de nutrientes.
- c) Otros factores: insectos y otros animales depredadores, enfermedades y organismos del suelo.

Estos factores están en estrecha relación con el nivel de regeneración que presentan las especies forestales. El proceso de regeneración es en sí mismo un proceso de declinación de la supervivencia que se inicia con la producción de miles de semillas y culmina con el establecimiento de unos pocos brinzales capaces de llegar a estadios adultos (Islas, 1987).

## Microclimas

El microclima de la capa superficial del suelo es la suma de las interacciones entre la radiación solar y las condiciones atmosféricas de dicha capa en relación con la temperatura superficial, la humedad y el movimiento del aire (Fierros 1990).

## Radiación solar

La radiación solar provee la energía que las plantas necesitan para realizar los procesos fotosintéticos y es la responsable del calentamiento del aire y del suelo. La energía lumínica que alcanza el piso forestal puede variar ampliamente en cantidad y calidad, dependiendo de la localidad, densidad y de la cobertura de las copas de los árboles (dosel). Ésta por sí sola regula el establecimiento y crecimiento de un bosque, a mayor densidad mayor mortandad (Silvertown, 1984). Las modificaciones del dosel afectan factores tales como luz, humedad y la estructura física del suelo y en consecuencia intervienen en el proceso de germinación; a mayor apertura del dosel se presenta un mayor aumento en la radiación solar y por lo tanto poca o nula regeneración, así también se presenta una mayor cobertura del estrato herbáceo que propicia una mayor competencia con las plántulas de pino producto de la regeneración (Seidel y Conrade, 1983; Minore Graham y Murray, 1984). La energía recibida puede ser disipada por la copa de los árboles; ésta puede variar desde 100 % en claros grandes a 0.25 % dentro de rodales muy densos (Spurr y Barnes, 1980); además existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de luz que se recibe en el piso, con la reducción de la densidad del arbolado y del dosel (Marquis, 1973; Musálem,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1984). Aunque los árboles forestales alcanzan el punto de compensación de luz con el 1 a 2 % de luz solar directa, se requiere de al menos el 20 % de luz para que las plántulas y arbolitos sobrevivan por periodos largos (Vezina y Pech, 1964, Vezina y Boutler, 1966; Spurr y Barnes, 1980). Bajo condiciones de menos de un 10 % la calidad de la luz puede afectar significativamente la tasa fotosintética en algunas especies y la germinación de las semillas (Vezina y Pech, 1964, Vezina y Boutler, 1966; Spurr y Barnes, 1980).

Dado lo anterior, la cantidad (energía solar) y la calidad (longitudes de onda) de luz puede modificar en forma positiva o negativa la germinación de la semilla (Meyer y Poljakoff-Mayber, 1975). La luz directa que alcanza el piso forestal a través de la apertura del dosel está inalterada. Por lo tanto la mayor o menor germinación de la semilla depende en cierto grado de la calidad de la luz. La luz difusa que alcanza el suelo a través de aperturas es relativamente rica en ondas azules. La luz filtrada o transmitida bajo la zona de sombra completa o semicompleta es baja en ondas azules y rojas (las más efectivas para la fotosíntesis) y muy rica en infrarroja, lo que puede limitar la germinación, la sobrevivencia y el crecimiento (Smith, 1962; Vezina y Boutler, 1966; Oriandni y Buland, 1972, Harrington, 1977). En especies como *Pinus palustris* Mill. (Toole y Toole, 1961), *Pinus taeda* L. y *Pinus strobus* L. (Toole et al., 1962), *Pinus banksiana* Lamb. (Oriandni y Buland, 1972) y *Pinus ponderosa* Laws. (Harrington, 1977), se ha demostrado que la luz roja promueve la germinación mientras que la infrarroja la inhibe.

Las diferentes especies de árboles varían ampliamente en su capacidad para crecer bajo diferentes grados de sombra

(tolerancia); algunas especies crecen mejor con intensidades mínimas de luz (0.3 a 1.5 % de luz total), mientras que otras necesitan arriba del 30 % de luz total para persistir en el sotobosque (Burns, 1923; Larcher, 1983). El desarrollo de las raíces de las plántulas se reduce si éstas crecen en niveles bajos de iluminación, independientemente de su tolerancia (Baker, 1945; Strothmann, 1972); para *Pinus lambertiana* Dougl., la mejor germinación se presenta a luz total en sustrato ligero y es notablemente pobre en sombra densa y abundante mantillo (Stark, 1965); para algunas especies mexicanas como *Pinus monterumae* Lamb. y *Pinus hartwegii* Lindl., se observó que la mayor germinación es a plena luz, pero no hubo diferencias significativas en la germinación bajo otras intensidades luminica (Musálem, 1984; Velázquez, 1984).

Como se ha venido señalando con cierto detalle, las distintas especies presentan diferentes respuestas a la exposición de iluminación y sombra, de estas experiencias el silvicultor ha reconocido que la iluminación es uno de los factores más importantes en el crecimiento de las plántulas (Velázquez et al., 1985). Las plántulas de un sinnúmero de especies de pino incrementan su tamaño cuando se incrementan los espacios entre los árboles, tal es el caso de *Pinus palustris* Mill., y *Pinus echinata* Mill. (Boyer, 1963; Liming, 1945). De igual manera los incrementos en diámetro están fuertemente influenciados por la cobertura de los árboles padres que proyectan diferentes intensidades de luz; Boyer (1963 y 1993) señala que el crecimiento diamétrico de árboles jóvenes (brinzales) de *Pinus palustris* Mill., se ve inhibido por una alta densidad de árboles padres, la densidad óptima reportada para este caso es de 338 m<sup>2</sup> por hectárea de área de cobertura de los árboles padres.

Por otra parte, el crecimiento en altura de los árboles jóvenes (brinzales), está en relación con el grado de tolerancia de la especie, es decir con su capacidad para mantener un nivel fotosintético suficiente para sustentar el crecimiento, particularmente cuando la luz y el agua se encuentran en sus niveles mínimos (Hocker, 1984). McDonald (1976) señala en este sentido que el crecimiento en altura de los brinzales de *Pinus ponderosa* Laws., es menor al ser tratados mediante cortas de selección individual, es decir cuando se extraen solamente los individuos adultos, los de mayor edad y los enfermos y defectuosos, mientras que a medida que se extrae mayor número de árboles se propicia la apertura del dosel superior y se presenta mejor crecimiento en altura; por otra parte *Abies religiosa* (HBK) Schltld. & Cham., especie considerada tolerante, cuando alcanza la categoría de brinzal (árbol joven), presenta mejores crecimientos en diámetro y mayor vigor en condiciones de dosel abierto (mayor iluminación) que cuando éste se encuentra cerrado (López, 1993).

#### Temperatura superficial

La temperatura en cualquier punto de la superficie del suelo está determinada por la cantidad de radiación solar que se recibe, la transferencia de calor y el movimiento del aire (Fierros, 1990). La superficie del suelo y la capa de aire adyacente son altamente susceptibles a las variaciones en la radiación solar; se calientan rápidamente durante el día si están expuestas al sol, y se enfrían muy rápido por la noche (Fierros, 1990). Se han reportado variaciones diurnas de temperatura de hasta 57°C y de 50° a 70°C en el verano a medio

día, aún en latitudes muy al norte (Smith, 1950; Vaartaja, 1954, Spurr, 1957). Estas condiciones extremas de temperaturas, suelen disminuir bajo un dosel protector y un suelo cubierto (Smith, 1950; Vaartaja, 1954, Spurr, 1957).

La temperatura superficial depende de la tasa de absorción de la radiación solar y la velocidad con la cual esta energía es disipada. La disipación del calor en el suelo forestal ocurre por medio de la reflexión de ondas infrarrojas, conducción a través del suelo, y transferencia hacia la capa de aire contigua. La reflexión y la conducción dependen del tipo y características físicas de la cobertura del suelo. La transferencia depende de la humedad de la cubierta del suelo y del movimiento del aire adyacente (Smith, 1951; Vaartaja, 1954).

La temperatura de la cama semillera afecta la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas (Fierro, 1990). Las altas temperaturas ocasionan que se retrase o se inhiba la germinación, mientras que en estadio de plántula, principalmente en etapas primarias donde las estructuras son frágiles, pueden morir por quemaduras, esto se presenta cuando la temperatura del suelo rebasa los 55°C; contrariamente las bajas temperaturas reducen la absorción del agua en la semilla, retrasando la germinación y las plántulas recién germinadas mueren rápidamente (Vaartaja, 1950; Place, 1955; Noble y Alexander, 1977; Daniels et al. 1982).

La topografía local también tiene efecto sobre la temperatura, en el hemisferio norte, la exposición sur recibe mayor radiación, los terrenos cóncavos tienden a ser más fríos, y los convexos más calientes durante las noches (Spurr, 1957; Noble y Alexander, 1977). También el microrelieve crea diferencias microclimáticas, ya que la germinación y la supervivencia son mayores en las partes bajas de los promontorios que en el fondo de las depresiones en donde se acumula hojarasca y humedad (Spurr, 1957; Noble y Alexander, 1977). Por tal motivo, las variaciones topográficas parecen crear diferencias microclimáticas y edáficas que propician diferentes patrones de regeneración y crecimiento (Segura y Snook, 1992).

#### Humedad y movimiento del aire

La humedad relativa presente en la capa de aire adyacente al piso, es un importante factor microclimático de los lugares en que las semillas germinarán y las plántulas se establecerán. Los factores combinados de temperatura y humedad superficial en condiciones óptimas, propiciarán que la semilla inicie el proceso de germinación y la consecuente actividad enzimática y el ablandamiento de la testa (Copeland, 1976). Algunas semillas llegan al piso forestal en un estado no germinativo o latente y así permanecen en el banco semillero hasta que las condiciones, tanto internas de la semilla (principalmente humedad), como externas del medio, principalmente humedad y temperatura, sean favorables para germinar (Spurr y Barnes, 1982).



La cantidad de agua de que disponga la semilla afecta tanto al porcentaje como a la velocidad de germinación (Hartman y Kester, 1980). Al caer las semillas a la cama semillera contienen un 10 % de humedad y se considera que para que se mantengan viables hasta su germinación, deberán reducir su humedad en un 6 u 8 % (Daniels et al. 1982). La humedad relativa influye en la evapotranspiración; si el déficit de presión de vapor es más alto en el aire, la planta y el suelo perderán agua (Heiligman y Schneider, 1974; Spurr y Barnes, 1980).

La humedad en la fracción superior del suelo es afectada por la cantidad de radiación solar recibida, el tipo de cobertura y el movimiento del aire (Fierros, 1990). A mayor profundidad, la disponibilidad de humedad está determinada principalmente por algunas características físicas del suelo, la ocupación por raíces y la distribución y cantidad de la precipitación (Fierros, 1990). Los mejores resultados en la regeneración natural se obtienen en suelos con buena, pero no excesiva, retención de humedad (Strothmann, 1971).

La relación que guarda la humedad con el crecimiento en altura de las plántulas es muy alta, ya que alrededor del 90 % de su crecimiento inicial ocurre durante un periodo de seis a nueve semanas. Las condiciones de humedad invernal juegan un papel importante en este crecimiento, principalmente durante la etapa de brinjal (árbol joven) y en general en el crecimiento en altura durante la regeneración natural (Daniel et al., 1982; Salmón, 1979).

Aunque la velocidad del viento decrece dentro de los rodales, y es casi imperceptible a nivel del suelo, su efecto desecante en áreas forestales es importante para el desarrollo de las plántulas (Heiligman y Schneider, 1974; Spurr y Barnes, 1980). Bajo condiciones naturales y de laboratorio se ha observado un crecimiento menos vigoroso, menor área foliar y tasa fotosintética, mayor evapotranspiración y daño al follaje en plántulas expuestas al viento, que en lugares protegidos, debido que la temperatura del suelo fue mayor y la humedad menor en las parcelas expuestas (Heiligman y Schneider, 1975; Satoo, 1962)

#### Cama semillera

En condiciones naturales la mayor parte del piso forestal se encuentra cubierto por hojarasca y habitado por pastos, musgos, helechos, plantas herbáceas y arbustos leñosos. El suelo mineral puede estar desnudo como resultado de incendios, derribo de árboles o daños causados por animales (Smith, 1951).

La presencia de cierta cantidad de hojarasca en el piso forestal permite atenuar la temperatura del suelo, ya que si éste se encuentra totalmente desnudo pueden presentarse severas variaciones de temperatura y la consecuente mortandad de plántulas (Hermann y Chilcote, 1965; Pritchett, 1986).

Después de que las semillas llegan a la cama, tienen que penetrar la capa de hojarasca y esperar las condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad, para germinar y establecerse (Fierros, 1990).

Existen diferentes tipos de camas semilleras: los pastos y los helechos no son una buena cama semillera ya que drenan fuertemente la superficie del suelo. Los pastos constituyen una barrera difícil de penetrar para la semilla, mientras que los helechos proporcionan demasiada sombra. Las plantas herbáceas y los arbustos pueden ser útiles para proteger a las plántulas en sus etapas iniciales, pero pueden constituirse en fuertes competidores por luz, humedad y nutrientes (Smith, 1951; Spurr y Barnes, 1980). Se han realizado diversos trabajos para comprobar este efecto mediante la eliminación de las especies asociadas, lográndose una mayor regeneración natural, una mayor sobrevivencia y un mejor desarrollo de las diversas especies arbóreas (Oliver, 1985). Entre las especies estudiadas cabe citar a *Pinus taeda* L. y *Pinus echinata* Mill., cuyo incremento en el número de plántulas producto de la regeneración se debe por un lado al control en el crecimiento de especies asociadas y por otro lado al rápido desarrollo de estas especies de pino (Cain, 1988; Cain 1988 b; Ferguson, 1984).

Generalmente la competencia, que limita el establecimiento y el desarrollo de los brinzales de *Pinus* y *Abies*, se debe a herbáceas y arbustos de las familias Gramineae, Asteraceae, Leguminosae y algunas Rosaceae, principalmente del género *Rubus* (Schuber, 1974; Ruel, 1992).

Por su parte los musgos constituyen camas bastante apropiadas para la regeneración de coníferas. Las semillas se filtran fácilmente, alcanzando el suelo mineral, también reflejan las radiaciones infrarrojas y pierden calor rápidamente, asimismo no son competidores por humedad y nutrientes, ya que los obtienen directamente del aire y del polvo (Smith, 1951).

Si la hojarasca en las camas semilleras está expuesta a los rayos directos del sol, es una mala cama semillera, ya que presenta bajo calor específico, conducción de calor pobre y baja reflexión de radiación infrarroja (Smith, 1951). Contrariamente, si está hojarasca, está bien protegida contra la luz solar directa (Daniels, et al. 1982), pero permite que la luz difusa llegue al piso, ésta puede ser una buena cama semillera (Musalem et al., 1991). En ese sentido, Musalém (1984) encontró que la hojarasca favoreció la germinación cuando no se alteró la cobertura del dosel o bajo cortas parciales.

El arreglo horizontal de las agujas de pino, se convierte en una barrera que impide a las semillas ponerse en contacto con el suelo mineral. Las semillas que llegan a germinar en estas condiciones, mueren fácilmente por sequía, daños por calor o frío, expulsión por congelamiento del suelo o falta de nutrientes (Smith, 1951).

El suelo mineral desnudo es una buena cama semillera, a menos que esté muy seco, ya que entonces pueden ocurrir temperaturas muy altas. El suelo desnudo conduce en forma eficiente el calor, tiene un calor específico alto. Los suelos arenosos son muy secos si están expuestos al sol, en cambio en suelos pesados, puede ocurrir la expulsión de plántulas cuando están muy húmedos y fríos, bajo doseles muy densos (Smith, 1951). En el caso de pinos mexicanos, la germinación se incrementa en suelo mineral con matarrasa o corta parcial comparadas con cortas periódicas (Musálem, 1984).

## Otros factores

### Microorganismos del suelo

Dentro de los factores bióticos que inciden en la regeneración natural, se encuentran los hongos, los vertebrados e invertebrados dentro de los primeros, se encuentran las micorrizas, organismos del suelo muy importantes para el establecimiento y crecimiento de pinos, pero normalmente están presentes en los bosques naturales (Marx, 1975). Sin embargo algunos tipos de preparación de sitio pueden disminuir la presencia de hongos formadores, aunque los suelos son rápidamente reinfestados por propágulos provenientes de niveles inferiores del suelo o de rodales adyacentes (Mikola, 1973). Vaartaja (1950) encontró plántulas micorrizadas aún en rodales recientemente quemados.

Los hongos causantes de damping-off pueden ser importantes, pero principalmente bajo condiciones desfavorables para el desarrollo de las plántulas, tales como lugares muy sombreados y húmedos. Otros microorganismos del suelo como bacterias, hongos y lombrices son importantes ya que afectan las características físicas y químicas del suelo. (Smith, 1951; Musálem, 1984).

### Vertebrados e invertebrados

Los roedores y pájaros son importantes en la regeneración natural debido a que consumen grandes cantidades de semillas. El patrón de consumo de éstos organismos, muchas veces es errático y no parecen estar correlacionados ni con las características de la cama semillera, ni con el grado de

densidad de dosel (Smith, 1951; Musálem, 1984).

Los venados y otros mamíferos pueden causar daños por ramoneo y pisoteo (Foiles y Curtis, 1973; Marquis, 1973). Los insectos pueden ser otro factor desfavorable para la regeneración natural por el consumo que hacen de semillas y plántulas (Vaartaja, 1950; Cooper et al., 1959).

#### 1.4.2. Tratamientos silvícolas de la regeneración

Una de las principales actividades que desarrolla la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich., respecto a su recurso, es la de realizar aprovechamientos maderables bajo un sistema silvícola (MDS). Éste contempla un plan de tratamientos al bosque durante toda la vida de la masa forestal, incluyendo la regeneración y las cortas intermedias. Abarca las siguientes prácticas: cortas de regeneración, cortas intermedias y la protección de los rodales durante toda la etapa de desarrollo.

Esta serie de actividades se fundamentan en los diferentes métodos empleados, los cuales se clasifican de acuerdo a Hawley y Smith (1972): a) método de matarrasa.- se realiza una sola corta para extraer toda la masa arbórea y se deja que ocurra la regeneración natural o se implementa la artificial, b) método de árboles padres.- se extrae la mayoría de los árboles de la masa forestal, quedando un pequeño número de árboles productores de semilla con lo cual se obtiene teóricamente la regeneración, c) método de cortas sucesivas.- la masa arbórea se extrae gradualmente en una serie de cortas que abarcan varios años y la regeneración se establece bajo la protección de las copas de los árboles remanentes, d) método de

selección.- se extraen árboles aislados o pequeños grupos a través de todo el proceso (turno) manteniendo la masa arbórea incoetánea (diferentes edades del arbolado).

Con la aplicación correcta de estos métodos en los bosques bajo aprovechamiento dentro de la comunidad, se obtiene teóricamente un sistema de ordenación de sus recursos, incluyendo los bienes materiales, protección y la regulación de otros recursos como el agua y el suelo.

Hawley y Smith (1972) establecen, que para que las áreas boscosas bajo aprovechamiento se regeneren es necesaria la ejecución de estos métodos complementados con actividades de preparación del sitio, de tal forma que se propicien las condiciones adecuadas para la regeneración, que consta de obtener un suelo suelto que reciba la semilla, con disponibilidad de agua, elementos minerales en abundancia y con una cobertura vegetal que no interfiera con la germinación de las semillas de pino, con el establecimiento y crecimiento de las plántulas.

#### 1.4.3. Generalidades de *Pinus pseudostrubus* Lindl.

*Pinus pseudostrubus* Lindl., es una de las especies más abundantes en el estado de Michoacán (Madrigal, 1982). Eguiluz (1978) y Perry (1992) señalan su presencia a lo largo de la Sierra Madre Oriental, del Sur de Chiapas y parte de la Sierra Madre Occidental, distribuyéndose por Centroamérica hasta Nicaragua. En México su distribución queda ubicada entre los paralelos 17° 15' a 29° 25' de latitud Norte y meridianos 92° 05' a 108° 35' de longitud Oeste. Se le encuentra en los Estados de Jalisco, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas.

Perry (1992) clasifica a esta especie dentro de la denominada sección *Pseudostrobus*, incluyendo en este grupo taxonómico a las especies *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus tenuifolia* Benth., con las formas *protuberans* y *megacarpa*.

*Pinus pseudostrubus* Lindl. presenta una tendencia a formar masas puras extensas, pero también llega a asociarse con otras especies de *Pinus* y latifoliadas. Dentro de las primeras cabe señalar a *Pinus chiapensis*, *P. ayacahuite*, *P. occarpa*, *P. patula*, *P. monterumae*, *P. cembroides*, *P. rudis*, *P. douglasiana* y *P. maximinoi*; además *Abies religiosa*, *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Arbutus xalapensis*, y *Alnus jorullensis* entre otras.

La especie ocurre en un rango altitudinal muy amplio, desde 1,600 msnm en Nuevo León hasta 3,250 msnm en el Estado de México, pero sus mejores calidades de estación se observan alrededor de los 2,500 msnm en los Estados de México, Puebla, Morelos, Hidalgo y Michoacán sobre suelos de color café

oscuro y en general con buenas condiciones de humedad (Eguiluz op cit.). Se desarrolla desde climas subtropicales hasta templados, con precipitaciones que varían desde casi 500 mm en el norte de la Sierra Madre Occidental hasta poco más de 2000 mm anuales cerca del Pico de Orizaba; aunque su mayor frecuencia ocurre en un rango de 1000 a 1300 mm. Las temperaturas extremas máximas se acercan a 40°C y las mínimas hasta -9°C, con una media anual de 14.7°C (Webb y Wood, 1980). Los meses más calientes son de marzo a mayo y los más fríos en diciembre y enero; con dos terceras partes del año con días nublados en la Cordillera Neovolcánica y un tercio de días soleados (Eguiluz op cit.).

*Pinus pseudostrabus* es una buena especie productora de resina, que se explota en los estados del centro y sur del país. Su madera es de buena calidad lo que permite su uso en aserrio, triplay, chapa, pulpa para papel y cajas para empaque, además de molduras y en la industria de la construcción. Es muy apreciada en artesanías, ebanistería y la elaboración de muebles finos o de producción seriada, además de variados usos domésticos (Cevallos y Carmona, 1981; Eguiluz, op cit.). La densidad de la madera es de 0.40-0.50, no es muy durable en forma natural, pero se puede impregnar fácilmente para su preservación, es de fácil manejo y sin problemas para el secado (Webb y Wood, 1980).

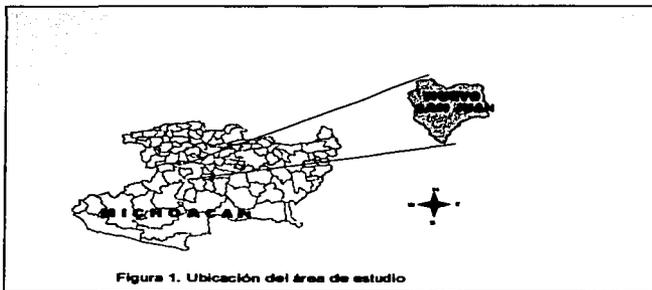
El proceso reproductivo comprende una serie secuencial de etapas, al final de las cuales se logra la regeneración (Ek y Brodie, 1975). Algunas de estas etapas son: la época de floración masculina, la cual ocurre durante los meses de enero-febrero (inicio), marzo-abril (dispersión de polen), apareciendo los conillos en abril, madurando éstos de junio a

diciembre y presentándose la dispersión de semillas en marzo y abril del año siguiente (Bello, 1993). Por lo que respecta a la producción de conos y semillas, éstos se ven afectados por algunas especies de insectos como *Diorycytria pinicolella* y *Megastigmus albifrons* (Delgado, 1992). Los ciclos semilleros se presentan regularmente en periodos de 3 a 4 años (Observación personal). Esta especie tiene la capacidad de producir alrededor de 75 semillas por cono (potencial de semilla), de las cuales sólo 12 de ellas son viables con posibilidades de germinar. Estos datos muestran la baja proporción de semillas viables, lo que se debe principalmente a un excesivo daño por insectos (Delgado, op cit.).

La semilla en condiciones de laboratorio presenta una germinación de 95.25 % (Delgado op cit.). Por otra parte las semillas en condiciones naturales requieren suelos con una capa de 3 cm de materia orgánica (García, 1994 comunicación personal). La competencia por herbáceas, principalmente gramíneas, afecta su establecimiento, además de que es susceptible al daño por roedores y ganado.

## CAPITULO 11. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la zona boscosa de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, ubicada en la Meseta Tarasca de Michoacán, a 12 km al sur de la ciudad de Uruapan ( $19^{\circ} 21' 00''$  y  $19^{\circ} 34' 45''$  L Norte,  $102^{\circ} 08' 15''$  y  $102^{\circ} 17' 30''$  L Oeste) (Fig. 1).



La cadena montañosa que atraviesa la comunidad forma parte del Eje Volcánico Transversal, dentro de la subprovincia Volcánica Tarasca, que presenta una topografía accidentada con pendientes que van del 5 % al 80 %, y está constituida por lomeríos y laderas muy pronunciadas, generalmente con exposición sureste. Dentro de las principales elevaciones destacan El Cerro Prieto (2300 msnm) y El Cerro del Parió (2910 msnm). La zona presenta una elevación promedio de 1900 msnm (D.T.F.S.J.N.P, 1988).

Los suelos se formaron a partir de cenizas volcánicas, producto de erupciones volcánicas ocurridas en el Plioceno-Cuaternario. La erupción más reciente fue la del Parícutin, cuya actividad ocurrió durante los años 1943 a 1951. La mayoría de los suelos son profundos, formados por capas de arena volcánica (Delgado, 1992).

Los tipos de suelos más importantes son: andosol húmico de textura mediana, andosol ócrico de textura gruesa, regosol districo de textura gruesa y feozem háplico de textura mediana (I.N.E.G.I, 1985). Los andosoles son los de mayor abundancia en el área; tienden a ser negros y pardo rojizos, muy ligeros por su espacio poroso abundante, caracterizados en su porción mineral de halófanos, que son materiales amórfos de alta capacidad de intercambio catiónico y alta retención de fósforo. La saturación de bases, contenido de calcio, sodio y magnesio son moderados y los de potasio bajos. La textura dominante es migajón arcillosa, por lo que tienen permeabilidad media y drenaje moderado. Los andosoles húmicos son suelos ricos en materia orgánica, muy ácidos y pobres en nutrimentos y los ócricos son suelos pobres con bajo contenido de materia orgánica y generalmente se encuentran en áreas que se destinan a la agricultura.

Existen aproximadamente 10 manantiales permanentes y otros temporales en el área de estudio. Las características hidrográficas y del suelo (arena, brechas y lava) permiten una gran permeabilidad al agua. Los escurrimientos de estas corrientes de absorción afloran principalmente en tres subcuencas: río Tepalcatepec, río Itzicuario y río Cupatitzio. En este último, (que incluye el río Santa Barbara y el Lago de los Conejos) es afluente de la cuenca del río Tepalcatepec-

Infiernillo, que a su vez desagua en el río Balsas al confluir en el vaso de la presa "El Infiernillo". (D.T.F.N.S.J.P, 1988).

El clima dominante de la zona es C (m) (w) big templado húmedo, con abundantes lluvias en verano (García, 1967; INEGI, 1985). La precipitación del mes más seco es menor de 49 mm y la lluvia invernal es menos de 5 % respecto a la precipitación total anual. El verano es fresco y largo con temperatura media anual del mes más caliente inferior a 22°C. Isotermal con una oscilación menor de 5°C y con marcha de temperatura tipo Ganges. El mes más caliente se presenta antes de Julio. La precipitación media anual es de 1500 a 2000 mm, la temperatura media anual es de 18°C y la frecuencia de heladas entre 20 y 40 días anuales (Anexo 1, 1a).

Los principales tipos de vegetación presentes en el área de estudio son: bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque de pino-oyamel. Algunos de los principales géneros y especies que se encuentran son: *Pinus pseudostrabus* Lindl, *P. monterumae* Lamb., *P. leiophylla* Schl. et Cham., *P. michoacana* Martínez, *P. douglasiana* Martínez, *Abies religiosa* (H.B.K.)Schlecht. et Cham. *Quercus rugosa* Née, *Q. obtusata* Humb. & Bonpl., *Q. laurina* Humb. & Bonpl., *Q. castanea* Née., *Q. crassipes* Humb. & Bonpl., *Q. candicans* Née., *Q. dysophylla* Benth. y *Alnus jorullensis* subsp. *lutea* Furlow. La vegetación de la zona en general es heterogénea y ha sufrido cambios desde el punto de vista florístico, debido al aprovechamiento forestal. La mayor abundancia de arbustos y hierbas se encuentra principalmente en zonas desforestadas y en menor cantidad en bosques de pino-encino, llegando a desaparecer en la época de secas y a veces por completo. Los pastizales, por su parte, no constituyen un

estrato uniforme, probablemente por los mismos aprovechamientos forestales, observándose algunos géneros como **Andropogon**, **Muhlenbergia**, **Stipa**, **Lasiacis** y **Piptochaetium** (Martínez, 1997).

La comunidad presenta una superficie total de 18 318 ha con una distribución aproximada de 77% de pino, 12% de encino, 6% de oyamel y 5% de latifoliadas. El uso actual del suelo se presenta en el Anexo 2 (D.T.F.N.S.J.P., 1988).

#### Bosque de pino

En el área de estudio los bosques de pino están conformados principalmente por **Pinus pseudostrabus** Lindl., y **P. monterumae** Lamb., y ocupan la mayor extensión. Se encuentran de los 1900 a los 3200 msnm, con ubicación hacia la porción centro, este y sureste del área. Esta comunidad se asocia a especies arbóreas de los géneros **Quercus**, **Prunus**, **Alnus**, **Clethra**, **Crataegus**, **Arbutus** y **Ternstroemia**.

En el sotobosque predominan las especies herbáceas sobre las arbustivas. Las familias mejor representadas son las Asteraceae, Leguminosae, Gramineae y Lamiaceae. Las especies de **Pinus** mejor representadas en el área de estudio son: **Pinus pseudostrabus** Lindl., **P. monterumae** Lamb., y **P. leiophylla** Schl. et Cham. (Martínez, 1997).

Estos bosques alcanzan alturas promedio de 25 a 30 m, diámetros de 40 a 70 cm y coberturas promedio de 5 a 7.5 m<sup>2</sup>, regularmente con tendencia a estar cerradas; las especies del estrato herbáceo suelen ser muy escasas. En general estas tres especies de **Pinus** presentan asociaciones muy similares en sus

diferentes estratos (Anexos 3, 4 y 5).

#### Bosque de pino-encino

Esta asociación vegetal se localiza en zonas templadas y semihúmedas, y esta dominada por los géneros *Pinus* y *Quercus*, mezclados con otros géneros como lo son *Prunus*, *Crataegus* y *Arbutus*. Este tipo de vegetación se encuentra disperso en todos los bosques de la comunidad en altitudes que fluctúan entre los 2000 y los 2500 msnm. Esta comunidad biológica se encuentra en términos de densidad como un bosque regular, es decir individuos con edades, alturas y diámetros similares y en algunas porciones se encuentra muy perturbado por la acción de los aprovechamientos.

Estos bosques alcanzan alturas promedio de 15 a 30 m, diámetros de 40 a 70 cm y coberturas de 5 a 10 m<sup>2</sup> o más, con tendencia a estar cerradas por la presencia de las especies de *Quercus*. Las especies de *Pinus* que conforman esta asociación son: *P. pseudostrabus* Lindl., *P. leiophylla* Schl. et Cham., *P. michoacana* var. *cornuta* Martínez., *P. monterumae* Lamb. Las especies de *Quercus* son: *Q. candicans* Née., *Q. crassifolia* Humb & Bonpl., *Q. crassipes* Humb & Bonpl., *Q. laurina* Humb. & Bonpl., *Q. obtusata* Humb. & Bonpl., y *Q. rugosa* Née (Bello y Labat, 1987).

Otras especies que se pueden encontrar asociadas a este tipo de vegetación son: *Alnus jorullensis* ssp. *lutea* Furlow., *Arbutus xalapensis* H.B.K., *Clethra mexicana* A. DC., *Crataegus pubescens* (H.B.K.) Steud. y *Ternstroemia pringlei* (Rose) Standl.

Los bosques de pino-encino tienen asociaciones de especies arbustivas y herbáceas muy similares a los de bosques de pino (Anexos 6 y 7).

#### Bosque de oyamel

El bosque de *Abies* es una comunidad mesófila que generalmente ocupa sitios de alta montaña con altitudes entre 2400 y 3600 msnm, confinados a laderas de cerros protegidos de la acción del viento y de la intensa insolación, con humedad atmosférica elevada (Rzedowski, 1978).

En los bosques de la comunidad este tipo de vegetación es de distribución reducida y se localiza en la porción oeste, en las partes altas de algunos cerros como La Laguna con 3100 msnm, El Tepetate con 3000 msnm, La Chimenea con 3000 msnm y una parte del Cerro Prieto con 3200 msnm. Los elementos dominantes son *Abies religiosa* y *Abies religiosa* var. *emarginata*. Estos alcanzan alturas promedio entre 20 y 40 m. En la parte oeste el bosque de *Abies* ha sido fuertemente explotado y por lo tanto se encuentra muy perturbado, siendo parcialmente substituido por especies de aile como *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlecht.) Furlow., y *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* H.B.K., es decir, se presenta como una fase sucesional del bosque de *Abies* (Rzedowski, 1978).

Este tipo de vegetación presenta poca diversidad de árboles en el estrato arbóreo (Anexo 8). Se presenta también un estrato arbóreo inferior formado por especies cuya altura varía de 6 a 15 m (Anexo 9).

El estrato arbustivo tiene alturas promedio entre 2 y 3 m (Anexo 10), mientras que el estrato herbáceo fluctúa de 20 cm a 2 m de alto (Anexo 11).

#### Influencia humana

Una de las actividades más importantes en la comunidad es el aprovechamiento maderable, por medio del cual se obtiene resina y derivados; maderas, ya sea en rollo o aserrada, en duela o para cajas de empaque; astilla para celulosa y derivados de ramas; así como porciones sin utilidad forestal, asimismo se fabrican muebles que son comercializados dentro y fuera del país. La industria tiene en total una capacidad de extracción anual de 100 000 m<sup>3</sup> de madera en rollo, de los cuales corresponden 70 000 m<sup>3</sup> a pino y el resto a encinos, oyamel, tepamu y otros (Saucedo y Acosta 1989).

Las especies forestales más importantes en orden de explotación son: *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. monterumae* Lamb., *P. michoacana* Martínez, y *P. douglasiana* Martínez, en menor escala *P. leiophylla* Schl. et Cham., *Quercus* ssp., *Abies religiosa* Schlecht. et Cham. y *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlecht.) Furlow.

Existen porciones de la superficie forestal que han sido sometidas a cortas clandestinas, incendios, apertura de terrenos agrícolas y frutícolas, áreas de corta; otras porciones han sido cubiertas por completo de arena volcánica, en las cuales no se registra la repoblación de pino. Por tal motivo se implementan periódicamente programas emergentes de reforestación con las dos primeras especies antes citadas, para lo cual se producen en tres viveros de la misma

comunidad más de 200 000 plantas anualmente, aunque tienen un potencial para producir hasta 700 000 plantas (Saucedo y Acosta, 1989).

La agricultura y la fruticultura son actividades secundarias, basadas principalmente en los cultivos de maíz, frijol y aguacate. En la actualidad existen dentro del bosque terrenos abandonados que se conservan como vegetación secundaria o bien como plantaciones forestales. Existen huertas de aguacate en los límites del predio comunal, con ubicación hacia la parte norte donde se concentra la mayor extensión de vegetación secundaria.

La ganadería es otra de las actividades colaterales al aprovechamiento del bosque y tiene como objetivo la crianza de ganado bovino practicada en forma extensiva, la alimentación del ganado se lleva a cabo en pastos naturales, dentro de las áreas donde se han dado tratamientos de aclareo al bosque.

## CAPITULO 111. METODOS

### 3.1. Selección de rodales

Esta primera actividad metodológica consistió en la selección de 6 rodales maduros y uniespecíficos de *Pinus pseudostrubus* Lindl., en bosques bajo manejo forestal dentro de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Para su elección, se realizaron recorridos de campo en las áreas de distribución de esta especie, cuyas características edáficas, topográficas y climáticas son similares.

Dentro de estos rodales se buscó un gradiente de condiciones lumínicas, para lo cual se eligieron diferentes densidades residuales (árboles por hectárea) y cobertura de arbolado por unidad de superficie (m<sup>2</sup> por hectárea), dentro de las diferentes áreas destinadas al aprovechamiento y con los diferentes tratamientos silvícolas empleados en la comunidad (Cuadro 1).

CUADRO 1. SELECCIÓN DE RODALES DE *Pinus pseudostrubus* Lindl.

Rodal	Arboles ha <sup>-1</sup>	Tratamiento Silvícola
TUMBISCATILLO 1	0	Matarrosa
TUMBISCATILLO 11	21	*C.R.
LA ALBERCA 11	61	*C.R.
LIBRATO	88	**3er. Aclareo
LA ALBERCA 1	140	**2° Aclareo
LA PILA	330	**1° Aclareo

\* C. R. Corta de Regeneración

\*\* Cortas Intermedias

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.2. Establecimiento de unidades experimentales

Con el propósito de tener un seguimiento de la dinámica de la regeneración a través del tiempo y compatible con un diseño experimental, se establecieron dentro de cada rodal seleccionado 3 unidades experimentales de 50 X 50 m (2500 m<sup>2</sup> cada uno) sumando un total de 18 (Fig. 2).

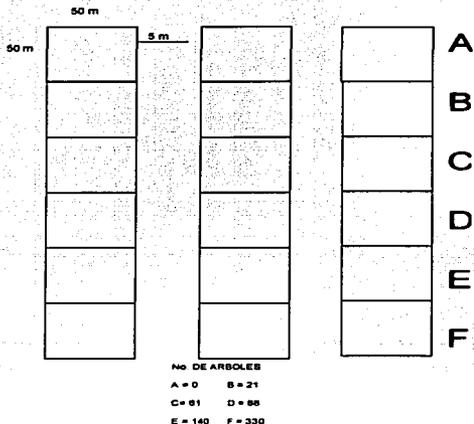


Figura 2. Distribución de unidades experimentales

Dentro de estas unidades, se realizaron mediciones dasométricas tales como diámetro a la altura del pecho (1.30 m) y área de copa ocupada por cada árbol. Para esto último, se midieron dos diámetro de copa de cada individuo (en sentido este-oeste y norte-sur), para así obtener el área en m<sup>2</sup> a partir de la fórmula de un elipse (Cuadro 2).

CUADRO 2. AREA DE COPA Y DIÁMETRO PROMEDIO CORRESPONDIENTE A CADA TRATAMIENTO Y EL NUMERO DE ARBOLES QUE LAS CONTIENEN

Rodal	Arboles ha <sup>-1</sup>	*D.A.P. (cm)	**E.E	Area de copa m <sup>2</sup> /ha <sup>-1</sup>	E.E
Tumbiscatillo 1	0	0		0	
Tumbiscatillo 11	21	60.26	0.6873	498.75	16.374
La Alberca 1	61	58.11	1.491	1448.75	9.501
Librato	88	50.00	1.339	2090.00	4.139
La Alberca 11	140	41.96	0.6895	3325.00	6.753
La Pila	330	27.82	0.8751	7837.59	4.035

\*Diámetro a la altura del pecho

\*\*Error Estandar

La ubicación y establecimiento de cada unidad experimental, se hizo bisectando con una brújula en el centro del rodal los cuatro rumbos francos (N, S, E, O).

### 3.3. Diseño experimental

El experimento comprendió seis tratamientos representados por las diferentes densidades residuales expresadas en número de árboles por unidad de superficie (0, 21, 61, 88, 140 y 330 árboles ha<sup>-1</sup>) que se traduce en seis diferentes ambientes lumínicos, con tres repeticiones cada uno, bajo el diseño experimental de bloques al azar, dentro de un área que en total ocupa 4.5 ha.

En los bosques de coníferas el diseño bloques al azar es uno de los más sencillos en su establecimiento y análisis y el más utilizado en investigaciones de cortas silvícolas (Jeffers, 1960). En este diseño experimental el área del sitio se divide en un número de bloques de iguales dimensiones e igual número de repeticiones para cada tratamiento. La condición es que

cada bloque se ubique en un material homogéneo no importando mucho la variación entre uno y otro bloque, y existe la posibilidad de variar la forma de los bloques y poder ubicarlos en forma conveniente de acuerdo con el gradiente de variación más importante en el área. Este diseño también permite distribuir los bloques o repeticiones, ya sea en uno o en parajes diferentes, con tal de que las condiciones sean similares dentro de cada bloque (Jeffers, 1960; Mas y Mora, 1991).

La elección del diseño experimental de bloques al azar está basado en el principio de heterogeneidad de factores contenidos en las parcelas experimentales que no pueden ser controlados por el investigador, el uso de bloques garantiza teóricamente la eliminación al máximo de la variabilidad en el material experimental (Martínez, 1988).

#### 3.4. Medición de índices de área foliar

En cada una de las 18 unidades experimentales, se realizaron mediciones de índices de área foliar, con la intención de confirmar el gradiente de luminosidad dentro de los rodales. Para tal propósito, se tomaron datos en 25 puntos dentro de cada unidad experimental a manera de una retícula, con equidistancias de 10 m entre cada punto de medición (Figura 3).

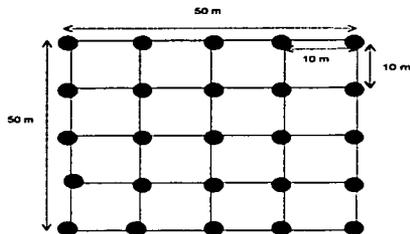


Figura 3. Distribución de puntos de medición para el cálculo de índice de área foliar.

Para ello se utilizó un equipo de medición LAI-2000, el cual consta de una unidad de control y un par de sensores ópticos, que registra de manera inmediata el índice de área foliar ( $m^2$ ), previa programación de una unidad de control integrada.

Una vez tomadas estas mediciones, se elaboró una base de datos, para posteriormente realizar un análisis de varianza bajo el diseño experimental de bloques al azar. Se obtuvieron las medias con sus respectivos intervalos de confianza (Cuadro 3).

CUADRO 3. INDICE DE AREA FOLIAR EN LAS DIFERENTES DENSIDADES DE ARBOLADO

Rodal	Arboles/ha	*IAF (m <sup>2</sup> )	**Int.Conf. Inf.	Sup.	***E.E.
TUMBISCATILLO 1	0	0			
TUMBISCATILLO 11	21	0.47	0.40	0.53	0.02839
LA ALBERCA 11	61	0.81	0.75	0.87	0.02638
LIBRATO	88	1.91	1.87	1.95	0.01960
LA ALBERCA 1	140	2.15	2.05	2.25	0.01851
LA PILA	330	2.64	2.58	2.70	0.01297

\*Indice de Area Foliar

\*\*Intervalo de Confianza (inferior y superior) al 95%

\*\*\*E.E. Error Estandar

n=25

3.5. Establecimiento de sitios para evaluar la regeneración mediante la siembra directa de semillas

Para el muestreo de la regeneración mediante la siembra directa de semillas, se establecieron dentro de cada unidad experimental, cuatro sitios cuadrados de 7.5 X 7.5 m (56.25 m<sup>2</sup>) (Fig. 4).

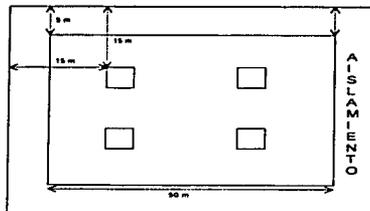


Figura 4. Distribución de sitios de siembra de semillas

El criterio de elección de estos sitios consistió en elegir aquel punto que se encuentra dentro del intervalo de confianza de los registros del índice de área foliar (IAF), para asegurar que cada sitio elegido sea representativo de la condición general de luminosidad del rodal. Cada unidad tuvo entonces el siguiente arreglo:

1. Unidad Experimental=  $50 \times 50 \text{ m} = 2500 \text{ m}^2$
2. Área de cada sitio=  $7.5 \times 7.5 \text{ m} = 56.25 \text{ m}^2$
3. No. de sitios= 4
4. Tamaño de muestra=  $4 \times 56.25 = 225 \text{ m}^2$
5. Intensidad de muestreo=  $(225/2500) 100 = 9.0 \%$

### 3.6. Tratamientos de preparación de sitio

Una vez elegidos los sitios se realizaron una serie de actividades dirigidas a la preparación de sitio, las cuales incluyeron la eliminación de los desperdicios y el control de la vegetación competitiva. Así, en cada sitio se aplicó uno de los siguientes tratamientos de preparación de sitio: a) quemas prescritas, b) eliminación de la vegetación (limpia), c) barbecho y d) testigo.

#### 3.6.1. Quemas prescritas

Los sitios a tratar fueron aislados mediante brechas cortafuego del resto del terreno y el fuego fue iniciado en diferentes formas, según la intensidad y velocidad deseada; estas formas fueron quemas frontales, frontales en fajas, contrafuegos y fuegos en los flancos.

Con esta técnica se pudo conseguir tanto la preparación de la cama semillera, como el control de la vegetación competitiva y la eliminación de los desperdicios.

### 3.6.2. Eliminación de vegetación (Limpia)

Para este tratamiento se eliminó la vegetación herbácea y arbustiva para reducir la competencia aérea y radicular. Todas las plantas fueron arrancadas de raíz de manera manual.

### 3.6.3. Barbecho

Este método, también conocido como escarificación, consistió en mezclar el piso forestal, la vegetación herbácea con el suelo mineral con azadón. Con ello se consiguió una buena distribución de la vegetación muerta y una remodelación de la superficie del terreno.

### 3.7. Siembra directa de semillas

Para evaluar el comportamiento de la regeneración mediante la siembra directa de semilla en respuesta a los 3 tratamientos del suelo descritos más un testigo, se realizó la colecta de semillas en la misma localidad, las cuales posteriormente fueron sembradas en cada sitio. La densidad de semillas considerada fue de 420 semillas por sitio (74 666 por hectárea con una equivalencia de 2.497 kg). Esta cantidad se basó en antecedentes sobre el número de semillas por hectárea necesarias para una óptima regeneración de las diferentes especies de *Pinus* de Norteamérica (Barnett y Baker, 1991).

Para conocer la viabilidad de las semillas, se implementaron dos procedimientos secuenciados: uno fue la técnica de flotación, la cual consistió en colocar en un recipiente con agua la totalidad de las semillas y la selección posteriormente de todas aquéllas que se depositaron en el fondo, y la otra consistió en pruebas de germinación in vitro cuyo procedimiento fue la siembra de 400 semillas en cajas petri (4 submuestras de 100 semillas) y algodón estéril como sustrato. Estas cajas fueron sometidas a temperatura ambiente durante 15 días, el promedio de las semillas germinadas en las 4 submuestras, se consideró como el tanto por ciento de la muestra total analizada, la cual fue de 95% de germinación.

Posteriormente, las semillas fueron sembradas en cada sitio, con espaciamentos de 36 cm entre cada una y una profundidad de 1 cm. Este espaciamento fue amplio para evitar competencia entre plántulas.

Para facilitar las evaluaciones de la emergencia, la supervivencia y el crecimiento en altura, se colocaron pequeños palillos de madera para ubicar cada semilla y cada plántula producto de la emergencia.

El establecimiento de los sitios de muestreo se hizo durante enero y febrero de 1996, los tratamientos de preparación de los sitio para la siembra en marzo- abril y la siembra de semillas en mayo del mismo año.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.8. Análisis de datos

Debido a que se emplearon en este trabajo 24 tratamientos con 3 repeticiones y con 6 tiempos de evaluación, se decidió para cada tiempo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, con el objeto de poder detectar la influencia de los tratamientos, del tiempo o de la interacción de ambos en la emergencia, supervivencia y crecimiento de plántulas de *Pinus pseudostrabus*.

### 3.9. Evaluación de la regeneración

Para estimar la regeneración resultado de la siembra directa de semilla, se evaluaron emergencia, supervivencia y altura de las plántulas a intervalos variables.

Para evaluar la emergencia y supervivencia ocurrida en cada uno de los sitios experimentales, se realizó la primera medición en julio de 1996 y éste fue el tiempo inicial a partir del cual se estimó el número de plántulas establecidas por hectárea entre cada periodo de evaluación (2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses).

Considerando que la germinación de las semillas en condiciones de laboratorio fue de 13 a 15 días, el margen de 60 días para iniciar los trabajos de evaluación en campo se consideró suficiente (Cuadro 4).

CUADRO 4. EDAD DE LA PLÁNTULA Y FECHAS DE MEDICION DE LA REGENERACIÓN DE *Pinus pseudostrabus*

Evaluación	Edad de la plántula (Meses)	Fecha de Evaluación
Siembra	0	Mayo de 1996
I	2	Julio de 1996
II	5	Octubre de 1996
III	8	Enero de 1997
IV	11	Abril de 1997
V	15	Agosto de 1997
VI	21	Febrero de 1998

### 3.10. Análisis estadístico

Con estos resultados se obtuvo una base de datos donde se incluye: a) emergencia durante los primeros 2 meses b) número de plantas registradas a la edad de 2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses c) supervivencia a la edad de 5, 8, 11, 15 y 21 meses d) altura (cm) de las plántulas a la edad de 2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses en respuesta a los factores labores de preparación de sitio e intensidad lumínica.

Para realizar los análisis de varianza respectivos fue necesario hacer una transformación arcoseno de los porcentajes de emergencia y supervivencia de plántulas.

Little y Hills (1983), mencionan que los datos basados en conteos expresados como porcentajes o proporciones de la muestra total requieren transformación angular o arcoseno. Además señalan que por regla general tales datos tienen una distribución binomial en vez de una normal y una de sus características es que las varianzas se encuentran relacionadas con las medias, tendiendo a ser estas varianzas más pequeñas en los extremos de los rangos de valores

(cercaos a cero y al 100 %), pero mayores en la parte media (alrededor del 50 %).

Con estos datos transformados, se efectuaron análisis de varianza factorial para cada edad, complementadas con la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencia mínima significativa para probar la hipótesis nula de que todas las posibles parejas de medias de los tratamientos son iguales, además de conocer de manera simultánea los efectos del gradiente de intensidad luminica representado por las diferentes densidades residuales (330, 140, 88, 61, 21 y 0 árboles ha<sup>-1</sup>) y los tratamientos de preparación de sitio (testigo, quema, barbecho y limpia) sobre la emergencia, supervivencia y altura de plántulas producto de la siembra directa de semilla. Para este análisis se utilizó el paquete estadístico Statgrafic Plus con un arreglo factorial A X B. Los factores y variables consideradas fueron:

#### Factores

- A) Preparación de sitio con cuatro niveles: 1 (Testigo), 2 (Quema), 3 (Barbecho) y 4 (Limpia)
- B) Incidencia luminica con seis niveles (representados por las diferentes densidades de arbolado): 1 (330 árboles por hectárea), 2 (140), 3 (88), 4 (61), 5 (21) y 6 (0)

3 repeticiones por cada tratamiento, correspondientes a las 3 parcelas.

## Variables

Las variables consideradas fueron: 1. Emergencia (%) 2. Supervivencia de plántulas (%) y 3. Altura de las plántulas (cm).

Al someter estos resultados al análisis de varianza factorial, se obtuvo un cuadro de ANOVA, con los siguientes resultados: grados de libertad (GL), suma de cuadrados (SC) y cuadrados medios (CM). Con los análisis realizados, se probaron las siguientes hipótesis:

### Emergencia y Supervivencia

#### 1. FACTOR A (TRATAMIENTOS DE PREPARACION DE SITIO)

HO: La media de la emergencia y supervivencia de plántulas es la misma en los cuatro tratamientos de preparación de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia)

HA: La media de la emergencia y supervivencia de plántulas es diferente en al menos uno de los cuatro tratamientos de preparación de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia)

#### 2. FACTOR B (TRATAMIENTOS DE INTENSIDAD LUMÍNICA, REPRESENTADOS POR LAS DIFERENTES DENSIDADES DE ARBOLADO)

HO: La media de la emergencia y supervivencia de plántulas es la misma en todos los tratamientos de intensidad lumínica.

HA: La media de la emergencia y supervivencia de plántulas es diferente en al menos uno de los 6 tratamientos de intensidad

luminica.

3. INTERACCION AXB (INTERACCION ENTRE LOS TRATAMIENTOS DE PREPARACION DE SITIO Y LOS TRATAMIENTOS DE INTENSIDAD LUMÍNICA)

HO: El valor de las medias de la emergencia y la supervivencia de plántulas en los 4 tratamientos de preparacion de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia) es independiente de las medias de la emergencia y supervivencia de plántulas en los tratamientos de intensidad luminica.

HA: El valor de las medias de la emergencia y la supervivencia de plántulas en los 4 tratamientos de preparacion de sitio no es independiente del valor de las medias de la emergencia y la supervivencia de plántulas en los tratamientos de intensidad luminica.

Altura

1. FACTOR A (TRATAMIENTO DE PREPARACION DE SITIO)

HO: La altura media de las plántulas es la misma en los 4 tratamientos de preparación de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia)

HA: La altura media de las plántulas es diferente en al menos uno de los 4 tratamientos de preparación de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia)

2. FACTOR B (TRATAMIENTO DE INTENSIDAD LUMÍNICA REPRESENTADOS POR LAS DIFERENTES DENSIDADES DE ARBOLADO)

Ho. La altura media de las plántulas es la misma en los tratamientos de intensidades de lumínica.

HA: La altura media de las plántulas es diferente en al menos uno de los 6 tratamientos de intensidad lumínica.

3. FACTOR AXB

Ho: El valor de la medias de altura de las plántulas en los 4 tratamientos de preparación de sitio (Testigo, Quema, Barbecho, Limpia) es independiente del valor de las medias de altura de las plántulas en los tratamientos de intensidad lumínica.

HA: El valor de las medias de altura de las plántulas en los 4 tratamientos de preparación de sitio no es independiente al valor de las medias de altura de las plántulas en los tratamientos de intensidad lumínica.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Emergencia

En los tratamientos aplicados a la emergencia estan involucrados dos factores que son A (labores de preparaci3n de sitio) empleando 4 niveles (1. testigo, 2. quema, 3. barbecho, 4. limpia) y el factor B (intensidad luminica) con 6 niveles (1. 0, 2. 21, 3. 61, 4. 88, 5. 140, 6. 330 6rboles ha<sup>-1</sup>), utiliz6ndose 3 repeticiones por tratamiento.

Los resultados obtenidos muestran que durante los dos primeros meses posteriores a la siembra, de las 420 semillas sembradas por sitio (74 666 semillas por hect6rea), con los 24 tratamientos, se registr3 una emergencia promedio de 27.19 % (20, 301 emergencia por hect6rea).

El an6lisis de varianza permite concluir que, existen efectos significativos del factor de preparaci3n de sitio e intensidad luminica, no as3 para la interacci3n AB, en la emergencia ( $F_{cal} = 1.49$ ,  $F_{tab} = 1.92$ ) (Cuadro 5).

CUADRO 5. AN6LISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	518.4114	3	172.80381	3.094	.0355
INTENSIDAD LUMINICA	1582.1019	5	316.42038	5.666	.0003
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	1248.6048	15	83.240321	1.491	.1468
RESIDUAL	2680.4989	48	55.843726		
TOTAL	6029.6170	71			

Para los niveles del factor labores de preparación de sitio, el testigo mostró el mayor porcentaje de emergencia, con 29.77 % (22,228 emergencia por hectárea) seguido por la limpia con 29.12 % (21,742 emergencia por hectárea) y por el barbecho con 26.97 % (20,137 emergencia por hectárea), la quema fue el tratamiento con el menor porcentaje de emergencia con 22.91% (17,105 emergencia por hectárea) (Fig. 5).

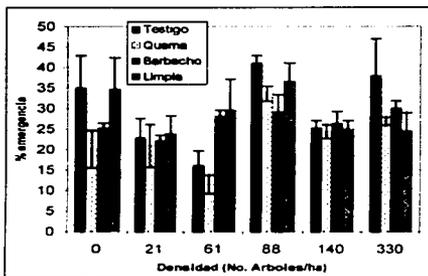


Fig. 5. Emergencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl., bajo cuatro tratamientos de preparación de sitio y seis intensidades lumínicas. Se reportan los promedios (%) y errores estándar para cada tratamiento.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls, para poder detectar si alguna diferencia de medias se ha declarado falsamente (Cuadros 6 y 7).

CUADRO 6. COMPARACIÓN ENTRE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (TRATAMIENTOS DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS (ARCOSENO)	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	6.86508	*
TESTIGO VS BARBECHO	2.80423	NS
TESTIGO VS LIMPIA	0.64815	NS
QUEMA VS BARBECHO	-4.06085	NS
QUEMA VS LIMPIA	-6.21693	*
BARBECHO VS LIMPIA	-2.15608	NS

\*= Significativos

N.S.= No significativos

CUADRO 7. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE PARA LA EMERGENCIA DE PLANTULAS DEL FACTOR PREPARACION DE SITIO

LABORES DE PREPARACION DE SITIO	PROMEDIO DE EMERGENCIA	GRUPOS HOMOGENEOS
TESTIGO	29.77	X
LIMPIA	29.12	X
BARBECHO	26.97	XX
QUEMA	22.91	X

Por lo que respecta al factor intensidad luminica, la densidad 88 presentó el mayor porcentaje de emergencia con 35.15 % (26 245 emergencias por hectárea), seguida de las densidades 330 y 0 con 29.92 y 28.80 % respectivamente (22, 340 y 21, 503 emergencias por hectárea), mientras que las densidades 140, 21, y 61 tuvieron los menores porcentajes de emergencia con 25.29, 22.57 y 21.40 %, respectivamente (18,883, 16, 852 y 15,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

978 emergencias por hectárea)(Fig. 5).

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls (Cuadro 8).

CUADRO 8. COMPARACIÓN ENTRE MEDIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE ARCOSENO	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	6.23016	N.S.
0-61	7.40079	*
0-88	-6.349221	N.S.
0-140	3.5119	N.S.
0-330	-1.11111	N.S.
21-61	1.17063	N.S.
21-88	-12.5794	*
21-140	-2.71825	N.S.
21-330	-7.34127	*
61-88	-13.75	*
61-140	-3.88889	N.S.
61-330	-8.5119	*
88-140	9.86111	*
88-330	5.2381	N.S.
140-330	-4.62302	N.S.

\*= Significativos

N.S.= No significativo

CUADRO 9. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE PARA LA EMERGENCIA DE PLANTULAS DEL FACTOR INTENSIDAD LUMINICA

INTENSIDAD LUMINICA	PROMEDIO DE EMERGENCIA	GRUPOS HOMOGENEOS
88	35.15	X
330	29.92	XX
0	28.80	X
140	25.29	XX
21	22.57	X
61	21.40	X

## 4.2. Supervivencia

### 4.2.1. 5 meses

La etapa de supervivencia fue considerada a partir del 5° mes de vida de las plántulas y con fines descriptivos la emergencia acumuladas del 2° al 4° mes fueron consideradas el 100 % de plantas a partir del cual se estimó la supervivencia (20,301 plántulas por hectárea).

Durante el quinto mes de vida de las plántulas, se observó una supervivencia promedio de 70.93 % (14,399 plántulas por hectárea) con los 4 y 6 niveles de ambos factores (A y B). Los resultados de la prueba de F llevan a la conclusión de que, salvo que haya ocurrido un evento aleatorio, cuya probabilidad es de 5 en 100, existe un efecto significativo de las variables estudiadas labores de preparación de sitio, intensidad lumínica y de la interacción entre ambos (Cuadro 10).

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	6191.33	3	2063.78	11.62	0.0000
INTENSIDAD LUMINICA	2175.65	5	435.129	2.45	0.0468
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	5166.2	15	344.413	1.94	0.0422
RESIDUAL	8523.11	48	177.565		
TOTAL	22056.3	71			

Para los tratamientos de preparación de sitio, el barbecho mostró el mayor porcentaje de supervivencia con 83.52 % (16,955 plántulas por hectárea) seguido por la limpia con 76.11 (15,451 plántulas por hectárea) y por la quema con 62.71 % (12,730 plántulas por hectárea), el testigo fue el tratamiento con el menor porcentaje con 61.39 % (12,462 plántulas por hectárea). Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas para detectar si alguna diferencias de medias se ha declarado falsamente (Cuadros 11 y 12).

CUADRO 11. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (LABORES DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS (ARCOSENO)	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	-1.31909	N.S.
TESTIGO VS BARBECHO	-22.1312	*
TESTIGO VS LIMPIA	-14.7197	*
QUEMA VS BARBECHO	-20.8121	*
QUEMA VS LIMPIA	-13.4006	*
BARBECHO VS LIMPIA	7.41154	N.S.

\* = Significativos

N.S. = No significativos

CUADRO 12. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE PARA LA SUPERVIVENCIA DE PLANTULAS DEL FACTOR LABORES DE PREPARACION DE SITIO

LABORES DE PREPARACION DE SITIO	PROMEDIO DE EMERGENCIA	GRUPOS HOMOGENEOS
BARBECHO	83.52	X
LIMPIA	76.11	X
QUEMA	62.71	XX
TESTIGO	61.39	X

Para los tratamientos del factor intensidad luminica, las densidades 21, 0 y 140 árboles ha<sup>-1</sup> presentaron supervivencias de 78.46, 75.68 y 74.63 %, respectivamente (15,928, 15,363 y 15,150 plántulas por hectárea), mientras que en las densidades 330, 88 y 61 árboles ha<sup>-1</sup> fueron de 67.06, 64.91 y 64.84 %, respectivamente (13,613, 13,177 y 13,163 plántulas por hectárea).

La interacción, muestra que los efectos de los tratamientos del factor A(testigo, quema, barbecho y limpia), son dependientes de los niveles del factor intensidad luminica. Los resultados indican que los mejores resultados se dan en la interacción barbecho con 88 árboles y limpia con 140 árboles con 90 % de supervivencia respectivamente (18,270 plántulas por hectárea) (Cuadro 13).

CUADRO 13. PORCENTAJES PROMEDIO DE SUPERVIVENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS	0	21	61	88	140	330
TESTIGO	75.49	86.63	57.52	49.51	52.31	46.86
QUEMA	79.80	62.92	58.02	47.58	71.42	56.49
BARBECHO	74.93	85.34	77.84	90.00	84.80	88.20
LIMPIA	72.48	78.96	65.99	72.53	90.00	76.67

#### 4.2.2. 8 meses

La supervivencia declinó durante este periodo de tiempo en 18.32 % con respecto al quinto mes, quedando con una supervivencia promedio de 52.55 % (10,668 plántulas por hectárea). Los resultados de la prueba de F llevan a la conclusión de que, existe un efecto significativo del factor labores de preparación de sitio, intensidad luminica y de la interacción entre ambos (Cuadro 14).

CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	5981.16	3	1993.72	10.03	0.0000
INTENSIDAD LUMINICA	5262.88	5	1052.58	5.30	0.0006
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	9075.89	15	605.06	3.04	0.0017
RESIDUAL	9541.67	48	198.785		
TOTAL	29861.6	71			

Dentro de los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, la limpia mostró el mayor porcentaje de supervivencia con 62.89% (12,767 plántulas por hectárea) seguido por el barbecho con 60.19 % (12,219 plántulas por hectárea) y por la quema con 45.21 % (9,178 plántulas por hectárea), el testigo fue el tratamiento con el menor porcentaje de supervivencia con 41.91 % (8,508 plántulas por hectárea). Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95 % de diferencia mínima significativa (Cuadro 15).

CUADRO 15. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (LABORES DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS (ARCOSENO)	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	-3.29749	N.S.
TESTIGO VS BARBECHO	-18.2753	*
TESTIGO VS LIMPIA	-20.9777	*
QUEMA VS BARBECHO	-14.9778	*
QUEMA VS LIMPIA	-17.6802	*
BARBECHO VS LIMPIA	-2.70243	N.S.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para los niveles del factor intensidad luminica, hubo una declinación de la supervivencia de 18.38 % con relación al quinto mes, quedando entonces con un promedio de supervivencia de 52.55 % (10,668 plántulas por hectárea). Las densidades 140 y 330 tuvieron los mayores porcentajes de supervivencia con 67.26 % y 57.99 % (13,654 y 11,772 plántulas por hectárea), seguida de las densidades 0, 88 y 61 con 51.50, 50.96 y 48.04 %, respectivamente (10,455, 10,345 y 9,752 plántulas por hectárea). La densidad 21 árboles ha<sup>-1</sup> tuvo la menor supervivencia de plántulas con 39.56 % (8,031 plántulas por hectárea). Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95 % de diferencia mínima significativa (Cuadro 16).

CUADRO 16. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	11.9457	N.S.
0-61	3.46237	N.S.
0-88	0.547896	N.S.
0-140	-15.7505	*
0-330	-6.48733	N.S.
21-61	-8.48329	N.S.
21-88	-11.3978	N.S.
21-140	-27.6961	*
21-330	-18.433	*
61-88	-2.91447	N.S.
61-140	-19.2128	*
61-330	-9.9497	N.S.
88-140	-16.2984	*
88-330	-7.03523	N.S.
140-330	9.26315	N.S.

\* = Significativos

N.S. = No significativos

Los resultados de la interacción AB, muestran que los efectos del factor A (testigo, quema, barbecho y limpia), son dependientes de los niveles del factor B (0,21, 61, 88, 140 y 330 árboles ha<sup>-1</sup>). Las comparaciones de las medias del tratamiento limpia con las medias de la densidad 140 árboles y las medias del tratamiento barbecho con las medias de la densidad 140 árboles, mostraron los mayores porcentajes de supervivencia con 90 y 77.39 %, respectivamente (18,270 y 15,710 plántulas por hectárea) (Cuadro 17).

CUADRO 17. PORCENTAJES PROMEDIO DE SUPERVIVENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS	0	21	61	88	140	330
TESTIGO	46.51	47.39	36.56	39.13	42.65	39.23
QUEMA	67.56	16.93	43.82	34.56	58.99	49.41
BARBECHO	36.33	36.47	69.22	70.43	77.39	71.30
LIMPIA	55.61	57.45	42.56	59.70	90.00	72.03

#### 4.2.3. 11 meses

Durante este periodo declina la supervivencia promedio en 27.27 % con respecto al octavo mes, quedando en 25.28 % (5,132 plántulas por hectárea). Los resultados del Andeva muestran que no existe un efecto significativo del factor preparación de sitio ( $F_{cal}=2.75$ ,  $F_{tab}= 2.84$ ,  $p=0.05$ ), intensidad luminica ( $F_{cal}= 0.99$ ,  $F_{tab}=2.45$ ,  $p=0.05$ ) ni de la interacción entre ambos ( $F_{cal}=1.86$ ,  $F_{tab}= 1.92$ ,  $p=0.05$ ).

#### 4.2.4. 15 meses

Durante este periodo de tiempo declina la supervivencia en 3.8 % con respecto al undécimo mes, quedando una supervivencia promedio de 21.48 % (4,360 plántulas por hectárea). Los resultados del Andeva muestran de que no existen efectos

significativos del factor preparación de sitio ( $F_{cal.}=1.87$ ,  $F_{tab.}=2.84$ ,  $p=0.05$ ), intensidad luminica ( $F_{cal.}=0.91$ ,  $F_{tab.}=2.45$ ,  $p=0.05$ ), ni de la interacción entre ambos ( $F_{cal.}=1.39$ ,  $F_{tab.}=1.92$ ,  $p=0.05$ ).

#### 4.2.5. 21 meses

Durante este periodo de tiempo la supervivencia declina en 3.82 % con respecto al 15° mes, quedando con una supervivencia promedio de 17.66% (3,585 plántulas por hectárea). Los resultados de la prueba de F muestran que no existen efectos significativos del factor preparación de sitio ( $F_{cal.}=1.03$ ,  $F_{tab.}=2.84$ ,  $p=0.05$ ), intensidad luminica ( $F_{cal.}=1.22$ ,  $F_{tab.}=2.45$ ,  $p=0.05$ ), ni de la interacción AB ( $F_{cal.}=1.41$ ,  $F_{tab.}=1.92$ ,  $p=0.05$ ).

De acuerdo con los análisis de varianza factorial efectuados (2, 5, 8 y 11 y 21 meses de edad), se establece entonces, que solamente en los tiempos 5 y 8 existieron diferencias significativas entre los tratamientos del factor labores de preparación de sitio (A) y la interacción labores de preparación de sitio e intensidad luminica (AB), mientras que para los tratamientos del factor intensidad luminica (B) esas diferencias se presentaron en el tiempo 8.

Dentro de los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, la quema y el testigo presentaron una supervivencia inferior al barbecho y a la limpia con una mortalidad pronunciada de más del 47.45 % durante los tiempos 5 y 8, prolongándose hasta el mes 11 (diferencia no significativa) con 27.25 % más de mortalidad (Fig. 6).

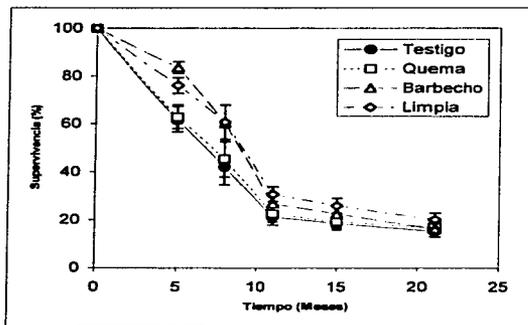


Fig.6. Supervivencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* bajo cuatro tratamientos de preparación de sitio. Se reportan los promedios (%) y errores estándar para cada tiempo

Con la descripción detallada de estos resultados se establecen 4 aspectos relevantes:

1. Existe una drástica mortalidad de plántulas de los 5 a los 11 meses de edad de más del 70%, con una curva de supervivencia de tipo exponencial negativo con tendencia a estabilizarse a partir del mes 15 hasta el mes 21.
2. Desde el punto de vista estadístico no existen diferencias significativas entre tratamientos, excepto en los tiempos 5 y 8.

3. Los tratamientos limpia y barbecho se comportan de manera muy similar a lo largo del experimento y al final ambos presentaron la menor mortalidad, con más del 18 % de supervivencia, cuya equivalencia en número de plántulas por hectárea es de 4,082 y de 3,749, respectivamente.
  
4. Los tratamientos quema y testigo se comportan de manera muy similar a lo largo de todo el experimento y presentaron la mayor mortalidad de plántulas, con cifras abajo del 17 % de supervivencia final (3,424 y 3,083 plántulas por hectárea, respectivamente)

Dentro de los tratamientos del factor B, las densidades 61, 88 y 0 árboles  $ha^{-1}$  mostraron una supervivencia inferior a las densidades 140 y 330 árboles con una mortalidad de más del 50 % principalmente durante los tiempos 5 y 8 (Fig. 7).

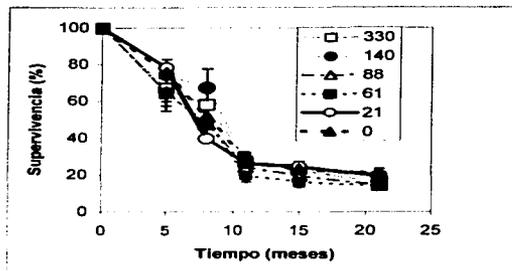


Fig. 7. Supervivencia de plántulas de *Pinus pseudostrabus* bajo seis intensidades de luminosidad, representadas por seis densidades de arbolado. Se reportan los promedios (%) y errores estándar para cada tiempo.

Con la descripción de estos resultados se establece lo siguiente:

1. Se presenta una brusca declinación de la supervivencia a partir del 5° mes hasta el mes 11 con una tendencia de tipo exponencial negativo y a partir de aquí se estabiliza en niveles de mortalidad del orden de los 3.8 %.
2. Desde el punto de vista estadístico existen diferencias significativas solamente en el quinto y en el octavo mes.
3. Los tratamientos 0, 21 y 330 árboles ha<sup>-1</sup> se comportan

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

constantes a lo largo del tiempo y al final los dos primeros tratamientos tuvieron numéricamente la mayor cantidad de plántulas por hectárea con 4,192 y 3,964, respectivamente.

4. Los tratamientos 61 y 88 tienen también un comportamiento similar a lo largo del experimento y al final estos presentaron cifras abajo de las 3000 plántulas por hectárea.

5. El tratamiento 61 se comporta siempre abajo de los demás tratamientos a lo largo del experimento y al final presenta cifras abajo de las 2900 plántulas por hectárea.

6. Al final del experimento no hay diferencias significativas entre tratamientos.

#### 4.3. Crecimiento

##### 4.3.1. 2 meses

Durante este periodo, se observó una altura promedio de 2.37 cm. Los resultados llevan a la conclusión de que, existen diferencias significativas entre los tratamientos del factor tratamientos de preparación de sitio e intensidad luminica, no así para la interacción AB ( $F_{cal.}=0.70$ ,  $F_{tab.}=1.92$ ,  $p=0.05$ ) (Cuadro 18).

CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	4.64109	3	1.54703	19.82	0.0000
INTENSIDAD LUMINICA	1.93968	5	0.387936	4.97	0.0010
PREPARACION DE SITIO X PREPARACION DE SITIO	0.814611	15	0.0543074	0.70	0.7759
RESIDUAL	3.74753	48	0.0780736		
TOTAL	11.1429	71			

Para los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, el testigo mostró la mayor altura con 2.81 cm, seguido por la limpia con 2.27 cm y por la quema con 2.22 cm, el barbecho fue el tratamiento con la menor altura con 2.19 cm.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95 % de diferencias mínimas significativas (Cuadro 19).

CUADRO 19. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (LABORES DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	0.591111	*
TESTIGO VS BARBECHO	0.616667	*
TESTIGO VS LIMPIA	0.541111	*
QUEMA VS BARBECHO	0.0255556	N.S.
QUEMA VS LIMPIA	-0.05	N.S.
BARBECHO VS LIMPIA	-0.0755556	N.S.

\*= Significativos

N.S.= No significativos

Para los tratamientos del factor intensidad lumínica, las densidades 330 y 88 árboles ha<sup>-1</sup> presentaron alturas promedio de 2.68 cm y 2.45 cm respectivamente, mientras que en las densidades 21, 140 y 0 árboles ha<sup>-1</sup> de 2.34, 2.32 y 2.31 cm, respectivamente. La densidad 61 árboles, presentó la menor altura con 2.14 cm.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadro 20).

CUADRO 20.COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	-0.03	N.S.
0-61	0.17	N.S.
0-88	-0.134167	N.S.
0-140	-0.0133333	N.S.
0-330	-0.370833	*
21-61	0.2	N.S.
21-88	-0.104167	N.S.
21-140	0.0166667	N.S.
21-330	-0.340833	*
61-88	-0.304167	N.S.
61-140	-0.183333	N.S.
61-330	-0.540833	*
88-140	0.120833	N.S.
88-330	-0.236667	N.S.
140-330	-0.3575	*

\*= Significativos

N.S.= No significativo

#### 4.3.2. 5 meses

Se observó un incremento promedio de 2.38 cm del segundo al quinto mes, mostrando una altura promedio durante este periodo de 4.75 cm con los 4 y 6 tratamientos de ambos factores (A y B). Los resultados llevan a la conclusión de que, existen diferencias significativas del factor labores de preparación de sitio, intensidad lumínica y de la interacción entre ambos (Cuadro 21).

CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	1.99918	3	0.666394	4.19	0.0103
INTENSIDAD LUMINICA	26.3729	5	5.27459	33.20	0.0000
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	10.5052	15	0.700344	4.41	0.0000
RESIDUAL	7.62647	48	0.158885		
TOTAL	46.5038	71			

Para los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, el testigo siguió mostrando la mayor altura con 4.99 cm, seguido por la limpia con 4.82 cm y por la quema con 4.61 cm, el barbecho mostró la menor altura con 4.58 cm.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadro 22).

CUADRO 22. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (LABORES DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	0.383333	*
TESTIGO VS BARBECHO	0.409444	*
TESTIGO VS LIMPIA	0.175	N.S.
QUEMA VS BARBECHO	0.0261111	N.S.
QUEMA VS LIMPIA	-0.208333	N.S.
BARBECHO VS LIMPIA	-0.234444	N.S.

\* = Significativos

N.S. = No significativos

Para los tratamientos del factor intensidad luminica, las densidades 0 y 21 árboles ha<sup>-1</sup> presentaron alturas promedio de 5.70 y 5.44 cm respectivamente, mientras que en las densidades 61, 330 y 140 árboles ha<sup>-1</sup> de 4.53, 4.51 y 4.24 cm, respectivamente, la densidad 88 árboles, mostró la menor altura con 4.08 cm.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadro 23).

CUADRO 23. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	0.268333	N.S.
0-61	1.16917	*
0-88	1.62667	*
0-140	1.46333	*
0-330	1.1975	*
21-61	0.900833	*
21-88	1.35833	*
21-140	1.195	*
21-330	0.929167	*
61-88	0.4575	*
61-140	0.294167	N.S.
61-330	0.0283333	N.S.
88-140	-0.163333	N.S.
88-330	-0.429167	N.S.
140-330	-0.265833	N.S.

\*= Significativos  
N.S.= No significativos

Los resultados de la interacción AB, muestra que los efectos de los tratamientos del factor A (testigo, quema, barbecho y limpia), son dependientes de los niveles del factor intensidad luminica (0, 21, 61, 88, 140 y 330 árboles ha<sup>-1</sup>).

Las alturas mayores se dan en el testigo con 0 árboles, limpia con 0 árboles y limpia con 21 árboles, con alturas promedio de 6.65, 6.35 y 6.08 cm, respectivamente (Cuadro 24).

CUADRO 24. AGRUPACIÓN DE RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS AB

TRATAMIENTOS	0	21	61	88	140	330
TESTIGO	6.65	5.30	4.99	4.18	4.16	4.67
QUEMA	4.80	5.55	4.57	4.03	4.31	4.40
BARBECHO	5.02	4.81	4.67	4.13	4.40	4.46
LIMPIA	6.35	6.08	3.91	3.97	4.09	4.50

4.3.3. 8 meses

Durante este periodo, se observó un incremento de 0.85 cm del quinto al octavo mes, mostrando una altura promedio durante este periodo de tiempo de 5.60 cm con los 4 y 6 tratamientos de ambos factores (A y B). Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, intensidad luminica y de la interacción entre ambos (Cuadro 25).

CUADRO 25. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	5.61188	3	1.87063	6.85	0.0006
INTENSIDAD LUMINICA	53.2518	5	10.6504	38.99	0.0000
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	28.484	15	1.89893	6.95	0.0000
RESIDUAL	13.1125	48	0.273176		
TOTAL	100.46	71			

Para los tratamientos del factor labores de preparación de sitio, el testigo siguió mostrando la mayor altura con 6.08 cm, seguido por el barbecho con 5.53 cm y por la quema con 5.43 cm, la limpia fue el tratamiento que mostró la menor altura con 5.37 cm.

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas. (Cuadro 26).

CUADRO 26. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR A (LABORES DE PREPARACIÓN DE SITIO)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
TESTIGO VS QUEMA	0.642222	*
TESTIGO VS BARBECHO	0.549444	*
TESTIGO VS LIMPIA	0.704444	*
QUEMA VS BARBECHO	-0.0927778	N.S.
QUEMA VS LIMPIA	0.0622222	N.S.
BARBECHO VS LIMPIA	0.155	N.S.

\*= Significativos

N.S.= No significativos

Para los tratamientos del factor intensidad luminica, las densidades 0 y 21 árboles ha<sup>-1</sup> presentaron alturas del orden de los 6.97 y 6.54 cm respectivamente, mientras que en las densidades 61, 140 Y 330 árboles de 5.36, 5.24 y 4.85 cm respectivamente, la densidad 88 árboles mostró la menor altura con 4.65 cm. Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadros 27).

CUADRO 27. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	0.431667	N.S.
0-61	1.61	*
0-88	2.32917	*
0-140	1.7325	*
0-330	2.12583	*
21-61	1.17833	*
21-88	1.8975	*
21-140	1.30083	*
21-330	1.69417	*
61-88	0.719167	*
61-140	0.1225	N.S.
61-330	0.515833	N.S.
88-140	-0.596667	N.S.
88-330	-0.203333	N.S.
140-330	0.393333	N.S.

\*= Significativos  
N.S.= No significativos

Los resultados de la interacción AB, muestran que los efectos de los tratamientos del factor A (testigo, quema, barbecho y limpia), son dependientes del nivel del factor B (0, 21, 61, 88, 140 y 330 árboles ha<sup>-1</sup>). Los resultados indican que las mejores interacciones se dan en el testigo con 0 árboles, quema con 21 árboles y limpia con 0 árboles, con altura promedio de 9.25, 7.19 y 7.09 cm, respectivamente (Cuadro 28).

CUADRO 28. AGRUPACIÓN DE RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS AB

TRATAMIENTOS	0	21	61	88	140	330
TESTIGO	9.25	6.15	6.04	4.95	5.23	4.85
QUEMA	5.13	7.19	5.28	4.59	5.04	5.38
BARBECHO	6.43	6.35	5.55	4.58	5.45	4.81
LIMPIA	7.09	6.48	4.59	4.46	5.25	4.36

#### 4.3.4. 11 meses

Durante este periodo, se observó un incremento de 1.57 cm del octavo al undécimo mes mostrando una altura promedio durante este periodo de 7.17. Los resultados del Andeva muestran diferencias significativas entre los tratamientos del factor intensidad lumínica, mientras que el efecto del factor labores de preparación de sitio y la interacción entre ambos no fueron significativos (Cuadro 29).

CUADRO 29. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	6.22903	3	2.07634	0.86	0.4661
INTENSIDAD LUMINICA	73.2105	5	14.6421	6.09	0.0002
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	48.3186	15	3.22124	1.34	0.02161
RESIDUAL	115.318	48	2.40245		
TOTAL	243.076	71			

Las alturas de las plántulas bajo las diferentes intensidades lumínicas se muestran en el cuadro 30.

CUADRO 30. MEDIAS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA) ORDENADAS EN FORMA DECRECIENTE

TRATAMIENTOS	0	21	140	88	61	330
MEDIAS	8.98	7.84	7.17	6.59	6.48	5.92

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadro 31).

CUADRO 31. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	1.13833	N.S.
0-61	2.5	*
0-88	2.39083	*
0-140	1.81	*
0-330	3.05917	*
21-61	1.36167	*
21-88	1.2525	N.S.
21-140	0.671667	N.S.
21-330	1.92083	*
61-88	-0.109167	N.S.
61-140	-0.69	N.S.
61-330	0.559167	N.S.
88-140	-0.580833	N.S.
88-330	0.668333	N.S.
140-330	1.24917	N.S.

\*= Significativos

N.S.= No significativos

#### 4.3.5. 15 meses

Durante este periodo, se observó un incremento de 3.76 cm del mes 11 al mes 15, mostrando una altura promedio durante este periodo de tiempo de 10.93 cm. Los resultados muestran un efecto significativo del factor intensidad luminica, mientras que para el factor labores de preparación de sitio y la interacción entre ambos no fueron significativos (Cuadro 32).

CUADRO 32. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
LABORES DE PREPARACION DE SITIO	41.4864	3	13.8288	2.28	0.0913
INTENSIDAD LUMINICA	222.306	5	44.4611	7.33	0.0000
LABORES DE PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	112.513	15	7.50085	1.24	0.2791
RESIDUAL	291.145	48			
TOTAL	667.45	71			

Para los tratamientos del factor intensidad lumínica, los resultados se muestran en el cuadro 33.

CUADRO 33. MEDIAS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA) ORDENADAS EN FORMA DECRECIENTE

TRATAMIENTOS	0	21	140	88	61	330
MEDIAS	13.57	12.34	11.41	10.09	9.99	8.15

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadro 34).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 34. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	1.22833	N.S.
0-61	3.57833	*
0-88	3.48	*
0-140	2.165	*
0-330	5.42417	*
21-61	2.35	*
21-88	2.25167	*
21-140	0.936667	N.S.
21-330	4.19583	*
61-88	-0.0983333	N.S.
61-140	-1.41333	N.S.
61-330	1.84583	N.S.
88-140	-1.315	N.S.
88-330	1.94417	N.S.
140-330	3.25917	*

\*= Significativos

N.S.= No significativos

#### 4.3.6. 21 meses

Durante este periodo, se observó un incremento de 3.56 cm del mes 15 al mes 21, mostrando una altura promedio de 14.49 cm. Los resultados llevan a la conclusión de que, existen efectos significativos solamente del factor intensidad luminica, no así para el factor labores de preparación de sitio ni para la interacción AB (Cuadro 35).

CUADRO 35. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN FACTORIAL EN UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR

FUENTE	S.C	G.L	C.M	F	P
PREPARACION DE SITIO	24.7498	3	8.24993	2.28	0.6926
INTENSIDAD LUMINICA	745.399	5	149.08	7.33	0.0000
PREPARACION DE SITIO X INTENSIDAD LUMINICA	337.128	15	22.4752	1.24	0.2232
RESIDUAL	812.389	48	16.9248		
TOTAL	1919.67	71			

Para los tratamientos del factor intensidad lumínica, los resultados se muestran en el cuadro 36.

CUADRO 36. MEDIAS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA) ORDENADAS EN FORMA DECRECIENTE

TRATAMIENTOS	0	21	140	61	61	330
MEDIAS	19.48	17.00	15.82	12.61	11.86	10.16

Dadas las diferencias entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de rango múltiple con el procedimiento Newman-Keuls con un 95% de diferencias mínimas significativas (Cuadros 37 y 38).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CUADRO 37. COMPARACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (INTENSIDAD LUMÍNICA)

COMPARACIONES	DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS	SIGNIFICANCIA DE LAS DIFERENCIAS
0-21	2.48167	N.S.
0-61	6.865	*
0-88	7.62083	*
0-140	3.665	*
0-330	9.315	*
21-61	4.38333	*
21-88	5.13917	*
21-140	1.17333	N.S.
21-330	6.83333	*
61-88	0.755833	N.S.
61-140	-3.21	N.S.
61-330	2.45	N.S.
88-140	-3.96583	*
88-330	1.69417	N.S.
140-330	5.66	*

\* = Significativos

N.S. = No significativos

CUADRO 38. PRUEBA DE RANGO MULTIPLE PARA ALTURA DE PLANTULAS DEL FACTOR INTENSIDAD LUMINICA

INTENSIDAD LUMINICA	ALTURA PROMEDIO	GRUPOS HOMOGENEOS
0	19.48	X
21	17.00	XX
140	15.82	XX
61	12.61	XX
88	11.86	X
330	10.16	X

De los análisis anteriores se desprende lo siguiente:

1. No se distinguen grupos con claridad
2. Si hay una tendencia de menores alturas de las plántulas conforme aumenta la cobertura del dosel, pero esta no es lineal
3. Las plántulas dentro de las coberturas 330 y 88 árboles  $ha^{-1}$  parecen formar un grupo con las menores tallas y se distingue con claridad del grupo formado por la densidad 0 árboles
4. Las alturas de plántulas bajo las densidades 140 y 61 árboles  $ha^{-1}$ , se sobreponen entre sí con los grupos anteriores, por lo que es difícil incluirlas en uno de los grupos, siendo por lo tanto poco claro
5. Destaca particularmente que bajo una de las densidades más altas (140 árboles  $ha^{-1}$ ) se haya presentado una altura promedio mayor que bajo las densidades 61 y 88 árboles  $ha^{-1}$ .

Sin embargo, todo parece indicar que las plántulas, por lo menos durante este lapso de vida (2-21 meses de edad), necesitan para su crecimiento mayores niveles de luz y esto lo aporta la nula (0 árboles  $ha^{-1}$ ) cobertura que proyectan los árboles (Fig.8).

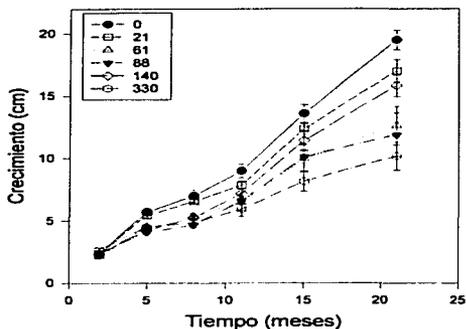


Fig. 8. Altura de plántulas de *Pinus pseudostrobus* bajo seis intensidades lumínicas representadas por seis densidades de arbolado. Se reportan los promedios y errores estándar para cada tiempo.

Los resultados finales muestran una altura promedio de 0.57 cm mensuales. El mayor incremento lo obtuvo la densidad 0 árboles  $ha^{-1}$  (0.81 cm mensuales), seguida por las densidades 21 y 140 (0.69 y 0.64 cm mensuales). Las densidades 330, 88 y 61 tuvieron incrementos del orden de los 0.35 cm, 0.44 y 0.49 cm mensuales, respectivamente. La altura final de cada tratamiento se muestra en la figura 9.

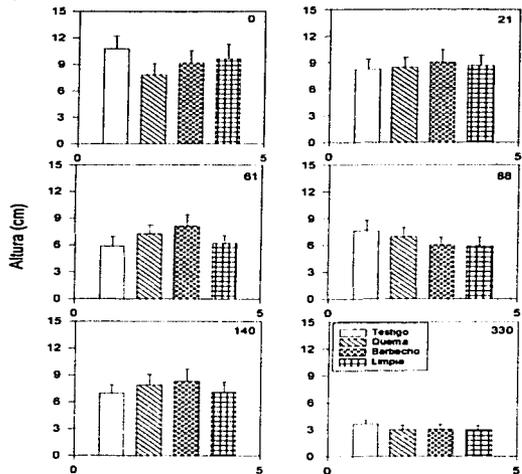


Fig. 9. Altura final de plántulas de *Pinus pseudostrabus* después de 21 meses. Se presentan datos para seis intensidades luminínicas, representadas por seis densidades de arbolado y cuatro tratamientos de preparación de sitio. Se reportan los promedios (cm) y errores estándar.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Dado el análisis efectuado se establece lo siguiente:

1. Desde el inicio del experimento la altura de las plántulas dentro de la densidad 0 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , se mantienen significativamente arriba con respecto a las demás densidades.
2. Durante los primeros 8 meses, las plántulas dentro de las densidades menores (0, 21, 61 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ), mostraron las mayores alturas con respecto al resto de las densidades.
3. A partir del mes 11 hasta el final del experimento, las plántulas dentro de la densidad 330 árboles  $\text{ha}^{-1}$  se mantienen con la menor altura.
4. Las densidades 61 y 140 árboles  $\text{ha}^{-1}$  se mantienen de manera muy similar durante todo el experimento con crecimientos intermedios con respecto a la densidad 0 y 21.
5. La densidad 88 árboles  $\text{ha}^{-1}$  repunta a partir del mes 11 y su comportamiento es ligeramente similar a las densidades 61 y 140 árboles.
6. Desde el punto de vista estadístico existen a lo largo de todo el experimento, diferencias significativas entre tratamientos.

Para observar tales diferencias entre tratamientos a través de todo el estudio, se presentan los valores P'S en el cuadro 39.

CUADRO 39. TABLA GENERAL DE LOS VALORES DE P'S

TIEMPO (MESES)	A (PREPARACIÓN DE SITIO)	B (INTENSIDAD LUMÍNICA)	AXB (PREPARACIÓN DE SITIO X INTENSIDAD LUMÍNICA)
2	0.0000	0.0010	0.7759
5	0.0103	0.0000	0.0000
8	0.0006	0.0000	0.0000
11	0.4661	0.0002	0.2661
15	0.0913	0.0000	0.2791
21	0.6926	0.0000	0.2232

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO V. DISCUSION

### 5.1. Influencia de los tratamientos de preparación de sitio

#### 5.1.1. Emergencia y supervivencia

Las semillas sembradas bajo las cuatro diferentes condiciones de preparación de sitio (quema, barbecho, limpia y testigo), tuvieron diferentes respuestas con relación a su emergencia. El 72.81% no emergieron o bien presentaron un estado de dormición, cuya explicación es diversa. La pérdida de viabilidad de éstas semillas fue rápida, por lo que la mayor parte de la germinación se produjo en estos primeros dos meses. Granstrom y Fries (1985), señalan que la mayor parte de la germinación de pinos norteamericanos se produce en el primer año desde su caída.

Los mecanismos causantes de la dormición pueden ser: impermeabilidad al agua, baja permeabilidad a los gases, resistencia mecánica al crecimiento del embrión, permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento, bloqueos metabólicos, presencia de inhibidores, embriones rudimentarios y adquisición de mecanismos inhibidores (Nikolaeva, 1969; Hartmann y Kester, 1971; Khan, 1975; Copeland, 1976; Taylorson y Hendricks, 1977; Maguire, 1980).

Una semilla que no cumpla con las tres funciones básicas como son la absorción de agua, la activación de los procesos metabólicos y el inicio del crecimiento del embrión, se dice que entra en un bloqueo de funciones llamado dormición (Salisbury y Ross, 1978; Camacho, 1994).

Para que se realice la germinación en las semillas durmientes es necesario que se eliminen los mecanismos fisiológicos que las inhiben, lo que ocurre bajo la influencia de ciertos factores ambientales. Dentro de los que cabe citar a la humedad, la temperatura y la luz principalmente (Jann y Amen, 1977; Nikolaeva, 1969; Rolston, 1978; Koller, 1972; Sasaki y Asakawa, 1976; Ginzo, 1980).

En este sentido, algunos estudios señalan que la cantidad de agua disponible en la semilla deberá de contener de 6 a 10 % de humedad, permitiendo la actividad enzimática y el ablandamiento de la testa (Copeland, 1976; Hartman y Kester, 1980, Daniels et al. , 1982). Si lo anterior se acompaña con la exposición de luz, sobre todo la difusa (Musálem et al., 1991), o en un punto de compensación de luz, de al menos 20 % de luz solar directa (Vezina y Boutler, 1966; Spurr y Barnes, 1982) así como un incremento en la temperatura durante los meses de primavera (Holmes y Buszewics, 1958; Musálem, 1984) se podrán presentar una serie de cambios en la semilla hasta su germinación.

Asimismo existe un tipo de dormición morfológica, pudiendo contener embriones rudimentarios. La germinación no puede realizarse si este desarrollo no ha terminado, pudiendo ser detectada por el tamaño y el peso de la semilla (Nikolaeva, 1969).

La semilla sembradas en las parcelas mostraron heterogenidad en el tamaño, pudiendo contener embriones inmaduros. Se han realizado estudios con especies mexicanas de pino, sobre la relación que guarda el tamaño de ésta con el porcentaje de germinación y los resultados muestran que a medida que la

semilla es más grande se incrementa la germinación, con rangos que oscilan entre 47.1 % de germinación en semillas grandes, a 20.6 % en semillas pequeñas (Musálem, 1984).

El peso de las semillas sembradas, consecuentemente también fue diferente. Tanto el tamaño como el peso, pueden afectar la distancia de dispersión relacionándose con la acción de los animales, la penetración en el piso forestal y los requerimientos internos para romper el estado de dormición o para el crecimiento temprano (Spurr y Barnes, 1982).

El tiempo transcurrido entre la siembra y la emergencia de plántulas se estima fue de 2 a 5 meses, tiempo en que las semillas permanecieron en el piso forestal hasta que las condiciones ambientales fueron propicias para su emergencia.

Muy probablemente esta permanencia más o menos prolongada originó que muchas de ellas fueran comidas por animales (principalmente roedores), insectos, enfermedades, organismos del suelo o bien descomponerse con facilidad (Smith, 1986). Es poco frecuente que estas semillas se encuentren en bancos de semillas en un estado latente muy prolongado (Harper, 1977). Se ha encontrado en este sentido, que algunas especies de pino presentan una estabilidad en los porcentajes de germinación de 5 a 6 meses posteriores al establecimiento de la semilla (Musálem, 1984).

Una vez que estas semillas estuvieron en contacto con el piso forestal, el proceso de germinación está restringido a un microambiente específico para el desarrollo del cotiledón. Dentro de los factores del medioambiente más importantes están la luz, la temperatura y la humedad (Smith, 1962; Fierros,

1990), fuertemente relacionados con la naturaleza misma de la cama semillera, el suelo mineral húmedo y la vegetación menor.

Estas semillas ya en el suelo requiere condiciones adecuadas de suelo, las cuales incluyen poca vegetación herbácea y arbustiva, pocos desperdicios producto de los aprovechamientos del bosque (ramillas, ramas, corteza y follaje) que le permiten a la semilla estar en contacto con el suelo mineral. Gran número de autores (Ackzel, 1993; Oosterbaan, 1994; Saksa, 1994; Rojo Montero, 1996) resaltan la necesidad de la preparación del terreno con el objetivo de: (1) poner en contacto la semilla con el suelo mineral (2) eliminar la competencia por herbáceas y arbustos.

Los análisis estadísticos muestran que tanto el testigo como la limpia tuvieron los mayores porcentajes de emergencia con respecto a los 2 tratamientos (barbecho y quema), habiendo diferencias significativas entre ellos. Dentro de los resultados que arrojó la prueba de rango múltiple, se distinguen 3 grupos, el primero integrado por el testigo y la limpia (A), el segundo por el barbecho (B) y el último por la quema (C).

Pomeroy (1949) establece que la germinación de la semilla de *Pinus taeda* depende de la capacidad que tiene ésta para absorber suficiente humedad del sustrato y consecuentemente su germinación es más rápida, tanto las herbáceas como los arbustos permiten proveer estos requerimiento de humedad, para que tanto las semillas como las plántulas (emergencia), puedan desarrollarse adecuadamente, además de brindarles protección (Smith, 1951; Spurr y Barnes, 1980).

La presencia de cierta cantidad de hojarasca y suficiente materia orgánica que se incorpora al suelo mineral, también les permitió tanto a las semillas como a las plántulas resguardarse contra la luz solar directa, atenuando la temperatura del suelo, ya que si éste se encontrará totalmente desnudo, se presentarían severas variaciones de temperatura y la consecuente mortandad (Hermann y Chilcote, 1965; Daniels, et al .1982; Pritchett, 1986; Musálem et al., 1991).

El proceso de emergencia es afectado por una multitud de factores y podría ser una posición simplista si toda la emergencia fuera atribuible a las condiciones de preparación de sitio, sin embargo los efectos de estas prácticas, pueden influir sobre las condiciones de la cama semillera desde el punto de vista biológico (patógenos, consumidores), químico (pH, nutrientes), ambiental (humedad, luz, temperatura) y de la estructura física del suelo (profundidad y composición) (Shelton y Wittwer, 1991).

Durante los primeros 5 meses de vida de la plántula, la mayor supervivencia se observó en suelos sometidos a barbecho con 83.52 %, habiendo diferencias significativas entre los demás tratamientos (limpia, quema y testigo). Las plántulas durante esta etapa, requirieron de un suelo suelto para la exposición del suelo mineral cuyo propósito principal es el de mejorar su drenaje y retención de humedad (Young y Brendemuehl, 1973; Derr y Mann, 1977).

Con la implementación de esta práctica y un suministro suficiente de humedad (coincidiendo esta etapa con el último mes del periodo de lluvias) las plántulas muy probablemente

podieron encontrar las condiciones adecuadas para su supervivencia y desarrollo. Asimismo, la misma remoción (barbecho) favoreció la no compactación del suelo. Existen una serie de evidencias, que señalan que un suelo compactado, a pesar de un abundante suministro de semillas, no presenta una adecuada supervivencia (Chacón, 1993). Además, en los casos muy remotos en los que se presentara la germinación y el establecimiento de plántulas en estas condiciones, se puede encontrar una alta producción de toxinas, las cuales se observan en suelos compactados escasamente aireados donde los procesos de descomposición de los restos orgánicos son diferentes que en los suelos aireados (Daubemire, 1979). Las condiciones de la cama semillera, principalmente suelos barbechados y el microambiente donde residen las plántulas están estrechamente relacionados, la humedad durante este periodo, es el factor más crítico y variable para su supervivencia (Spurr y Barnes, 1982; Smith, 1962).

Por su parte los suelos que fueron sometidos a limpia, es decir, eliminando la vegetación residual y los desperdicios producto de las cortas, también presentaron una alta supervivencia durante los primeros 5 meses (76.11 %), siendo altamente significativa con respecto a los demás tratamientos.

La vegetación eliminada estuvo constituida principalmente por gramíneas y helechos además de plantas herbáceas de otras familias y arbustos leñosos. Por su parte, los desperdicios eliminados fueron tocones, ramas, conos secos, hojas caídas, y otros restos vegetales en distintas fases de descomposición. Se ha demostrado en este sentido, que si la cantidad de éstos desperdicios y la vegetación es pequeña y está bien distribuida en el terreno, puede ser benéfica para la

supervivencia, creando micrositios húmedos y bien protegidos contra daños que puedan causar los animales, pero si esa vegetación y los desperdicios producto de una corta son muchos, pueden impedir el establecimiento de las plantas, quedando éstas enterradas, aplastadas o bien la velocidad de descomposición de estos restos es también un factor importante que determina el retraso de la regeneración (Smith, 1962; Miller et al. , 1974; Seidel y Conrade, 1983; Minore, Graham y Murray, 1984).

Dentro de los rodales forestales, normalmente existe algún tipo de cobertura de vegetación benéfica en el sotobosque, cuyas observaciones adicionales comprobaron la existencia de musgos del género *Polytrichum* en los sitios estudiados. Algunos estudios han demostrado que estos organismos pueden proveer condiciones aceptables para la regeneración. Las semillas se filtran fácilmente a través de ellos, de tal manera que las raíces de las plántulas pueden ponerse en contacto con el suelo mineral. Es difícil que en ellos ocurran temperaturas letales, debido a que reflejan cantidades substanciales de radiaciones infrarrojas y su superficie irregular les permite perder calor rápidamente, así también no compiten por humedad y nutrientes, ya que los obtienen directamente del aire y el polvo (Smith, 1951).

Contrariamente, herbáceas y arbustos están bien adaptados para invadir los espacios liberados por las cortas y aunque pueden ser útiles para proteger a las plántulas de pino en sus etapas iniciales (emergencia), también pueden representar, a la larga, una fuerte competencia por humedad, luz, nutrientes y espacios de crecimiento para la regeneración (Smith, 1951; Place, 1955; Creighton et al., 1987).

Se ha demostrado en este sentido, que la mayor frecuencia de plántulas de pino está ligada a la poca o nula vegetación, principalmente de gramíneas y helechos (Smith, 1951; Schuber 1974; Ruel, 1992). La importancia de la competencia por helechos, principalmente individuos de la especie ***Pteridium aquilinum*** en los sistemas forestales es notable, dadas sus características competitivas: poca palatabilidad, defensas químicas frente a los insectos, habilidad para rebrotar (Ferguson y Boyd, 1988). Los efectos fitotóxicos del humus y la hojarasca procedente de helechos pueden inhibir la germinación y el establecimiento de plántulas de pino hasta su eliminación completa (Dolling, 1996).

Durante las etapas intermedias del desarrollo de las plántulas (8 a 11 meses), se presentó la mayor mortalidad (45.59 %). Cabe señalar, que a pesar de que tanto la limpia como el barbecho mostraron los mejores resultados comparados con el testigo y la quema, asimismo tuvieron los menores porcentajes de supervivencia. Al final del estudio, ambos tratamientos se mantuvieron en niveles altos de supervivencia y número de plántulas por hectárea (4,082 y 3,749 plántulas por hectárea, respectivamente) con respecto a la quema y al testigo (3,424 y 3,083 plántulas por hectárea) y comparados con registros de la regeneración natural sin ningún tratamiento al suelo en esta misma región (650 plántulas por hectárea).

Estos resultados muestran lo importante que puede ser la siembra directa de semillas con actividades de limpia y barbecho durante los primeros ocho meses de vida de la plántula, para el conteo final de número de plantas por hectárea.

Los suelos sometidos a limpia durante estos primeros 8 meses, mostraron los mejores porcentajes de supervivencia (62.89 %, 12,767 plántulas por hectárea) comparados con los suelos barbechados (60.19 %), quemados (45.25 %) y con el testigo (41.91 %), habiendo por lo tanto una fuerte relación entre las variables porcentaje y número de plántulas por hectárea con el tratamiento limpia, mostrándose altamente significativo.

La influencia climática (temperatura y humedad) durante este lapso de tiempo (8-11 meses), pudo ser una de las causas más importante de la mayor mortalidad de plántulas para los cuatro tratamientos, independientemente de los efectos de los tratamientos limpia y barbecho al suelo. En este periodo, se registraron meses con las más bajas temperaturas (enero y febrero) y las más altas en el año (marzo-abril), ambos periodos acompañados por los meses de menor precipitación (enero-abri).

La fuerte relación que ejerce el clima en el desarrollo inicial de las plántulas, sobre todo la temperatura superficial y ésta, a su vez, a la tasa de absorción de la radiación solar y de la velocidad con la cual esta energía es disipada, es muy importante. La disipación del calor en el suelo forestal ocurre por medio de la reflexión de ondas infrarrojas, conducción a través del suelo y transferencia hacia la capa de aire contigua. La reflexión y la conducción dependen del tipo y características físicas de la cobertura del suelo y del movimiento del aire adyacente (Smith, 1951; Vaartaja, 1954).

Por lo tanto, la temperatura de la cama semillera pudo tener un fuerte efecto en el desarrollo inicial de las plántulas, cuyas altas temperaturas pudieron retrasar la germinación o inhibir el desarrollo y ocasionar la muerte por quemaduras o sequía de las plántulas en sus etapas iniciales, mientras que las temperaturas bajas causan heladas con la consiguiente expulsión de plántulas y retraso en su desarrollo (Vaartaja, 1954; Noble y Alexander, 1977).

Durante la fase final del estudio (21 meses), la supervivencia no difirió entre los tratamientos, sin embargo numéricamente los suelos sometidos a limpia (reducción de la vegetación) y a barbecho (escarificación) presentaron alta supervivencia y densidad de plántulas (4,082 y 3,749 plántulas por hectárea), mientras que los suelos sometidos a quema, fueron de los tratamientos con la menor densidad de plántulas por hectárea con 3,424.

Los efectos de la quema al suelo, propician que tanto la cantidad de suelo mineral que se expone como de la vegetación que se elimina, estén relacionadas directamente con la intensidad y periodicidad del fuego (Metz, et al, 1961; Boggs, 1991). En teoría las quemas parciales bien aplicadas sobre un suelo ligero (aprox. 2.5 cm de profundidad) (Roger y Seidel, 1965), pueden usarse en cualquier método de regeneración, sin embargo, los efectos directos de la quema a la materia orgánica sobre y debajo del suelo mineral, y el calentamiento de las capas superiores del suelo, pudieron compactarse por las lluvias, provocando una disminución en el grado de penetración del agua por la misma combustión del mantillo y provocar la muerte de un sinnúmero de plántulas (Tarrant, 1956 b).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Lo que se pretende con todas estas prácticas, es crear espacios lo más favorable posible para las especies deseadas y desfavorables para otro tipo de vegetación (Smith, 1962), permitiendo por lo tanto, buscar la mejor cama semillera para la supervivencia de plántulas de *Pinus pseudostrabus*, en cuyo caso el suelo mineral húmedo, la no-compactación del mismo y la vegetación menor fueron las mejores. Contrariamente, el suelo mineral seco puede alcanzar altas temperaturas causando mortalidad por calor o sequía (Vaartaja, 1954; Smith, 1962; Musálem, 1984). Por otra parte, los suelos pesados húmedos pueden ocasionar expulsión de plántulas por congelamiento o daños por heladas en las noches, si no se proporciona alguna protección contra la pérdida rápida de calor (Place, 1955; Noble y Alexander, 1977).

Los suelos minerales desnudos mediante prácticas de barbecho y limpia son buenas camas semilleras durante la etapa de plántula (5 y 8 meses de edad), siempre y cuando se prevenga contra la ocurrencia de condiciones extremas de luz, temperatura y humedad y esto lo subsana un dosel protector como en las densidades 88 y 140 árboles ha<sup>-1</sup>.

Los análisis estadísticos son consistentes con estos resultados, mostrando porcentajes promedio del orden de los 90% (5° mes) a 77 y 90 % (8° mes) de supervivencia de plántulas en las interacciones barbecho con 88 árboles ha<sup>-1</sup>, barbecho con 140 árboles ha<sup>-1</sup> y limpia con 140 árboles ha<sup>-1</sup>.

En general, la mejor supervivencia se obtiene bajo un grado de protección contra la luz solar directa, pero permitiendo que una cantidad relativamente alta de luz solar difusa alcance el suelo. La energía luminica, la temperatura y la

humedad que alcanza el piso forestal, puede variar ampliamente en cantidad y calidad, dependiendo de la densidad de la cobertura de las copas de los árboles(dosel)(Silvertown, 1984). Si lo anterior, se acompañado con un suelo suelto, bien drenado y libre de competencia aérea y radicular (Chacón, 1993), se obtienen resultados con altos porcentajes de supervivencia como fueron mostrados en el parrafo anterior.

#### 5.1.2. Crecimiento

Durante los primeros 8 meses de edad de las plántulas, los resultados mostraron que el testigo tuvo la mayor altura con respecto a los demás tratamientos. Las plántulas durante su desarrollo inicial no requirieron ningún tratamiento adicional para su crecimiento, más bien éste es atribuible a la calidad y cantidad de luz que proyectan las diferentes cobertura de los árboles, las plántulas muestran diferentes respuestas a la exposición de luz y sombra, no así para tratamientos al suelo (Silvertown, 1984; Velázquez et al., 1985).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 5.2. Influencia de la incidencia luminica

### 5.2.1. Emergencia y supervivencia

Del número inicial de semillas sembradas bajo las seis diferentes densidades de arbolado, se registró un promedio de emergencia de 27.19 % (20,301 emergencias por hectárea). Las semillas y plántulas responden a las diferentes variaciones en intensidad, calidad y duración de luz (Cleary, Greaves y Hermann, 1978). Se sabe asimismo, que existen factores ligados a las diferentes densidades y grados de cobertura de dosel, como lo es el microclima de la zona delgada exactamente arriba del suelo, es decir las interacciones entre la energía recibida del sol y las condiciones atmosféricas de dicha capa. La energía que alcanza el piso forestal puede variar ampliamente en cantidad y calidad dependiendo de la densidad de la cobertura del dosel (Meyer y Poljakoff-Mayber, 1975). La cantidad puede variar desde 100 % en claros grandes a 0.25 % dentro de rodales muy densos (Boe, 1975; Williamson, y Minore, 1978; Spurr y Barnes, 1982). Algunos estudios sobre remoción de dosel superior muestran que la cantidad de luz que se recibe en el piso es directamente proporcional a la reducción de la densidad (Marquis, 1973; Musálem, 1984).

De los resultados obtenidos durante los primeros 2 meses, se desprende que de las seis densidades de arbolado, las densidades 88, 330 y 0 árboles por hectárea, con intensidades intermedias, altas y bajas de luz (1.91, 2.64 y 0 índice de área foliar), obtuvieron en orden decreciente, el mayor porcentaje de emergencia. Estas densidades en términos de cobertura residual representan el 26, 100 y 0 % (2090, 7837.59 y 0 m<sup>2</sup> por hectárea).

Estos resultados pueden ser comparados con los encontrados por Liming (1945) en *Pinus echinata*, donde observó un mejor establecimiento y una mayor supervivencia, bajo una reducción del 75 % de la cobertura del estrato superior. De igual manera Velázquez et al. (1986) en estudios realizados en *Pinus hartwegii* y Musálem (1984) en *Pinus monterumae*, encontraron menores tasas de supervivencia en doseles abiertos. Por su parte Silvertown (1984) establece que la densidad es uno de los principales agentes que regulan el establecimiento y crecimiento de un bosque, a mayor densidad mayor mortandad.

Quizás el grado de sombra que proyectaron éstas densidades intermedias y consecuentemente la calidad de luz, influyeron en estos resultados. Existen evidencias donde la intensidad de luz de aproximadamente 50 % de sombra o bien bajas intensidades, presentaron un mayor porcentaje de germinación (Korstian, 1925; Strothman, 1972; Wendell, 1977).

Cabe señalar que la influencia que ejerció las diferentes densidades para la emergencia, se acentuó más de los 2 a los 5 meses de edad de la plántula, habiendo por lo tanto diferencias significativas entre las variables número de emergencia y las densidades 88, 140 y 330 árboles  $ha^{-1}$ .

El patrón que siguió la emergencia y la supervivencia, es el de presentar valores más altos en la densidad 88 árboles  $ha^{-1}$  (emergencia) y en la densidad 140 árboles  $ha^{-1}$  (supervivencia). Por lo tanto, la mayor o menor germinación y supervivencia inicial, depende de la calidad de la luz. La luz directa que alcanza el piso forestal a través de las aperturas del dosel está inalterada. La luz difusa que alcanza el suelo a través de aperturas es relativamente rica en ondas azules. La luz

TESIS CON.  
FALLA DE ORIGEN

filtrada o transmitida bajo la zona de sombra completa o semicompleta es baja en ondas azules y rojas (las más efectivas para la fotosíntesis) y muy rica en infrarroja que puede ser muy dañina para la germinación, supervivencia y crecimiento (Smith, 1962; Vezina y Boutler, 1966; Oriandni y Buland, 1972, Harrington, 1977)

Esta condición de luz, está fuertemente ligada a las condiciones climáticas que prevalecieron en el área de estudio (enero-abril), cuyas consecuencias durante el periodo 8 a 11 meses fueron una drástica mortalidad de 74.72% , acentuándose más en las densidades mínimas e intermedias de arbolado (21, 61 y 88). Durante este periodo de tiempo, las condiciones de temperatura y humedad fueron adversas, con una combinación de temperaturas, de muy bajas (enero y febrero) a muy altas en el año (marzo-abril), ambas con los meses de menor precipitación (enero-abril).

Contrariamente, algunas especies como *Pinus ponderosa*, consideradas intolerantes a la sombra, cuando fueron sometidas a 90 % de sombra, tuvieron un porcentaje muy alto de mortalidad (Pearson, 1935). En las primeras etapas de desarrollo de estas plántulas, normalmente se observó una fuerte cantidad de ellas bajo doseles muy densos, sin embargo, su supervivencia posterior declinó por los efectos de la competencia (Sproat, 1930).

### 5.2.2. Crecimiento

Las plantas para su crecimiento requieren de una iluminación adecuada, sin embargo, por las condiciones de manejo forestal dentro del área de estudio, las plántulas variaron ampliamente en su capacidad para crecer bajo diferentes grados de sombra (tolerancia) observándose por este medio, que a menor densidad y grados de cobertura, mayor altura de las plántulas como se observó en las densidades 0 y 21 árboles  $ha^{-1}$ .

El análisis de varianza, indica que la mayor altura de las plántulas, se presentó en éstas densidades, las cuales son estadísticamente diferentes del resto de las densidades.

Existen evidencias de que el desarrollo de las raíces de las plántulas de pino y consecuentemente su altura, se reduce si estas crecen en niveles bajos de iluminación independientemente de su tolerancia (Baker, 1945).

Las alturas promedio entre cada periodo de evaluación fueron variables en las diferentes densidades. Las densidades 61, 88 y 330 árboles  $ha^{-1}$  mostraron su mayor incremento en altura durante mayo-septiembre, mientras que las densidades 0, 21 y 140 árboles  $ha^{-1}$  lo mostraron durante septiembre-marzo. Estas alturas pico se presentaron durante gran parte de las estaciones de primavera y verano, cuyas temperaturas en los meses de marzo a junio fueron las más altas en el año, mientras que de julio a septiembre fueron de las temperaturas intermedias, pero acompañadas de los meses más lluviosos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La combinación de estos factores (diferentes intensidades de luz, proyectadas por las diferentes densidades de arbolado, humedad y temperatura), seguramente propiciaron un medio adecuado para la altura de estas plantas.

Estudios adicionales han abordado el tema, en donde se ha reportado que la iluminación (Baker, 1945) junto con la temperatura del suelo (Brissette y Chambers, 1991), son los principales promotores del crecimiento radicular y colateralmente en la altura de las plantas, dado que éste último está directamente relacionados con la actividad fotosintética (Cannell y Last, 1976).

Se sabe asimismo, que bajo un dosel protector y un suelo cubierto, las temperaturas permanecen más bajas que en áreas abiertas, de tal manera que las altas temperaturas en áreas abiertas y alta humedad pueden disparar el crecimiento de las plántulas (Vaartaja, 1954; Heiligmann y Schneider, 1975; Daniels et al. 1982).

Durante todo el periodo que duró el estudio, se pudo observar que las coberturas intermedias representados por las densidades 61 y 88 árboles  $ha^{-1}$ , las plántulas presentaron un altura promedio muy similar. Los resultados encontrados en este sentido fueron consistentes, con los que algunos autores han reportado en estudios de crecimiento en altura de repoblación natural en diversas especies, bajo diferentes densidades y coberturas de dosel superior (McDonald, 1976; Ronco y Reandy, 1983; Musálem, 1984; Velázquez et al., 1986).

Por su parte la altura promedio de las plántulas, dentro de la mayor densidad estudiada (330 árboles ha<sup>-1</sup>), presentó durante todo el periodo, una altura inferior con relación al resto de las densidades, con diferencias claramente significativas entre ellas. Estos resultados concuerdan con los de Boyer (1963) quien señala, que a medida que se incrementa la cobertura de los árboles, ésta provoca una supresión en el crecimiento de las plantas, resultando individuos de diferentes tamaños, con relación a las diferentes coberturas. McDonald (1976) probó que la cobertura que proyectan los árboles mediante los diferentes métodos de corta de regeneración, desde la selección de árboles individuales hasta la matarrasa, incluyendo grados intermedios en diferentes especies de coníferas, encontró que el crecimiento de las plántulas fue mayor conforme aumento la intensidad de corta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3. Estado actual e implicaciones silvícolas

Los inadecuados aprovechamientos de los recursos naturales en Michoacán, han ocasionado que extensas superficies forestales estén siendo destruidas (Bocco, 2001). La mayor parte de estos cambios se deben a: a) conversión de la cobertura del terreno, b) degradación del terreno y c) intensificación en el uso del terreno (Lambin, 1997). Estos procesos, usualmente englobados en lo que se conoce como deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes induciendo la pérdida y degradación de suelo, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies, incluidas dentro de los bosques templados de pino, pino-encino, encino y oyamel (Bocco, 2001). Dentro de las 12 especies que integran los bosques templados de pino del estado, se encuentra *Pinus pseudostrabus* (Madrigal, 1982; Perry, 1992), una de las más abundantes y quizás la de mayor uso; su conservación es esencial y depende primordialmente del mantenimiento de un coeficiente mínimo, desgraciadamente inalterado por desmontes e incendios.

Buena parte del deterioro de los bosques de ésta especie, ha sido entre otras causas, por la poca importancia en el manejo de sus poblaciones, con técnicas silvícolas mal aplicadas, su aprovechamiento con normas inadecuadas, desconocimiento de los impactos ambientales causados por su manejo a los recursos asociados, agua, suelo, fauna, belleza escénica y la respuesta de los métodos de regeneración (Jardel, 1985). Muchas de las mejores poblaciones de esta especie que aún existen en el área, se establecieron sin la intervención del hombre, es decir, se generaron, crecieron y se mantuvieron en forma natural.

Por lo anterior es lógico preguntarse ¿qué razón puede existir para que el hombre intervenga con tratamientos silvícolas ese proceso natural de esta especie?

Una de la razones silvícolas para justificar tal intervención, es la de acelerar el proceso de establecimiento y crecimiento de los bosques de *Pinus pseudostrabus*, que en forma natural es muy lento y por otro lado, dada las características de éstos bosques naturales, no siempre se adaptan a las necesidades y objetivos del hombre, de ahí que el silvicultor tenga que intervenir.

Es conveniente señalar que no siempre es la obtención de materias primas industriales, el objetivo del manejo silvícola de éstos bosques, y que en ocasiones, aunque la producción maderera sea el objetivo central, deberán existir otros objetivos complementarios; tal es el caso de un bosque que cumpla funciones de protección, recreación, producción de agua, producción de pasto e inclusive la producción de productos maderables que no concurren al mercado, como sería la leña para combustible doméstico. Dado lo anterior, también surgiría la pregunta ¿existe un verdadero control de la composición, densidad, estructura, y protección de los recursos asociados bajo tales tratamientos silvícolas empleados?.

No existen antecedentes para el área ni para la especie sobre su manejo integral y si bien estos tratamientos estan siendo aplicados, han tenido que ajustarse a un marco más bien legal que técnico, ello ha propiciado poca consistencia en los metodos desarrollados, siendo débiles para resistir un análisis técnico. La toma de decisiones para su ajuste o modificación han estado influenciadas por cuestiones legales, politicas y

sociales que han normado el desarrollo de la silvicultura dando poca oportunidad a la evolución de técnicas y al conocimiento de aspectos básicos (Mas, 1966).

Si bien es cierto que estos bosques de *Pinus pseudostrobus* siguieran siendo aprovechados, es necesario dar seguimiento o diversificar estas prácticas silvícolas, buscando o desarrollando métodos no empleados hasta hoy y éstos deberán desarrollarse acorde con las características ecológicas del área de manera integral, de tal manera que se logre la autosuficiencia con un aumento de la productividad, incrementado el recurso y protegiendo los asociados.

Las aportaciones del presente estudio se dirigen a buscar mediante evaluaciones, las respuestas a la falta de regeneración de las poblaciones de *Pinus pseudostrobus* en áreas bajo aprovechamiento, pudiendo asimismo probar si los diferentes métodos de regeneración aplicados, pueden ser factibles. Estos métodos de regeneración buscan dentro de los rodales maduros (cortas de regeneración) y con una serie de tratamientos de preparación de sitio, las condiciones favorables para el inicio y el crecimiento inicial de la regeneración.

Dentro de los rodales sujetos a cortas de regeneración, se buscaran aquellas densidades óptimas en cuyas intensidades de luz se soporte la emergencia, la supervivencia y el mayor crecimiento de plántulas.

La tendencia de la dinámica observada por el renuevo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., desde el momento de la emergencia hasta la etapa de plántula, exhibe respuestas muy distintas entre las diferentes intensidades de luminosidad. Aunque en este estudio, no se evaluaron las condiciones ambientales, se puede establecer que estas diferencias representan la respuesta integral a las condiciones macro y microambientales a las que los rodales de esta especie estuvieron sujetas durante el tiempo de evaluación del estudio.

Por un lado las diferentes respuestas permitieron demostrar que la emergencia de semillas, no se presentó por el solo hecho de encontrarse depositada en el piso forestal. Para esto, se requiere de condiciones ambientales que estimulen su emergencia. Sobre este particular, Schuber (1974) señala que las mejores condiciones, se resumen, en una buena iluminación y un adecuado nivel de humedad en el piso forestal. El primer factor probablemente se logró en aquella condición donde el tratamiento representa a la densidad y a la cobertura intermedia (88 árboles por hectárea y 2,090 m<sup>2</sup> de cobertura por hectárea) con una supervivencia de 35.15 % (26, 245 plántulas por hectárea).

Contariamente, en las densidades donde los doseles son menores (61 y 21 árboles por hectárea con 1,448 y 498 m<sup>2</sup> de cobertura por hectárea, respectivamente), el porcentaje de emergencia de plántulas tuvo una respuesta significativamente menor. Estas densidades, probablemente permitieron cambios microambientales a nivel del piso forestal, provocando alteraciones climáticas con aumentos en la temperatura y disminución de humedad (Robertsdotter, 1992).

Estos cambios en los sitios, propiciaron una menor emergencia de plántulas del orden de los 21.40 y 22.57 % (15, 978 y 16,852 emergencias de plántulas por hectárea, respectivamente).

Durante las primeras etapas de desarrollo de las plantas (5 y 8 meses), éstas tuvieron 77.39 a 90 % de supervivencia (15, 710 y 18, 270 plántulas por hectárea), dado que contaron con un microambiente adecuado, es decir coberturas y piso forestal óptimo. Con las coberturas que proyectaron las densidades 88 y 140 árboles ha<sup>-1</sup>, con actividades de escarificación y eliminación de la competencia por herbáceas y arbustos leñosos, se obtuvieron estos resultados. La luz depende directamente de la densidad de estos doseles; la temperatura y humedad de las características físicas de la cobertura del suelo (Smith, 1951; Fierro, 1990).

De acuerdo al comportamiento de la repoblación, durante las etapas estudiadas (2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses de edad), se establece que *Pinus pseudostrabus*, alcanzó los crecimientos menos vigorosos en aquellas condiciones donde el dosel superior ocasiona mayor interferencia de luz (330 árboles ha<sup>-1</sup> y 7837.59 m<sup>2</sup> de cobertura por hectárea). Esta situación, pone de manifiesto el carácter de especie intolerante, lo cual se observó a partir de los 5 meses de edad.

El comportamiento del desarrollo del crecimiento en altura de las plántulas en cada edad, permite establecer que el efecto provocado por el dosel superior, resulta ser una limitante para su óptimo desarrollo. Los resultados obtenidos en cada periodo de evaluación, muestran que las densidades en las

cuales las plántulas respondieron mejor en altura, fueron las que provocaron condiciones con mayor iluminación, es decir, dentro de la densidad 0 y 21 árboles ha<sup>-1</sup>, en cuyo caso destacan las edades de 15 y 21 meses con las mayores alturas, siendo de 5.91 y de 4.65 cm, en un período de 6 meses. Es posible que la gran cantidad de luz recibida y la disponibilidad de nutrientes, asociado a la actividad fotosintética, favorecieron una mejor respuesta de la altura, contariamente la densidad que permitió una mayor interferencia de luz, propició que las plántulas tuvieran un desarrollo deficiente, como ocurrió en la densidad 330 árboles ha<sup>-1</sup> (7837 m<sup>2</sup> de cobertura por hectárea) la que alcanzó un incremento promedio a los seis meses de 2.00 cm. La tendencia de la altura de las plántulas a la edad de 21 meses, mostró la persistencia de los mejores incrementos dentro de la densidad 0 árboles ha<sup>-1</sup>, con 19.48, mientras que para la densidad 330 árboles ha<sup>-1</sup>, las plántulas tuvieron un incremento promedio de 10.16 cm.

La naturaleza del medio para la germinación fue también muy importante para la emergencia y la supervivencia inicial (2-8 meses). En muchas ocasiones, la sola exposición de suelo mineral no es suficiente para proporcionar buenas condiciones para la germinación de las semillas, el desarrollo y la supervivencia inicial de las plántulas, muchas veces está supeditada a la competencia, la presencia de uno, afectará al otro, ya que cada uno forma parte del hábitat de ambos. Diversas teorías sobre sucesión y dinámica han sido desarrolladas a lo largo del tiempo. De ellas la que mejor se ajusta a la dinámica forestal es la propuesta por Oliver y Larson (1996), basándose en la teoría de la composición florística inicial de Egler (1954). Dichos autores asignan el

factor fundamental del establecimiento de la regeneración de las especies forestales a la competencia. Esta teoría se ve confirmada por numerosos ensayos y observaciones en los que se pone de manifiesto que los individuos dominantes son aquellos que se establecen antes y tienen mayor capacidad de crecimiento inicial (Boyd, 1987; Lust, 1988; Schepper, 1988)

En el caso de *Pinus pseudostrabus* tiene importancia la competencia tanto inter como intraespecífica (sombreado). La plántula de pino compite por su supervivencia con herbáceas y arbustos leñosos, que al ser eliminados mediante actividades de preparación de sitio (barbecho y limpia), incrementan su supervivencia en 22.13 y 14.72 % durante el quinto mes y en 18.28 y 20.98 % en el octavo mes de vida con respecto al testigo. Dentro de las herbáceas y arbustos que integran este medio se encuentran especies de las familias Gramineae, Asteraceae, Polypodiaceae y Leguminosae principalmente.

Numerosos autores (Smith, 1951, Spurr y Barnes, 1981; Radosevich, 1984; Oliver, 1985; Cain, 1988; Cain 1988b) encuentran relaciones significativas entre malas regeneraciones de *Pinus*, *Abies* y la presencia de herbáceas y arbustos de diversas familias de plantas.

Aunque no hay estudios concretos a nivel específico para *Pinus pseudostrabus*, está bien comprobado para otras partes del mundo, la inhibición de la germinación por compuestos fenólicos de partes aéreas, raíces e incluso suelos donde se desarrollan algunas especies asociadas (Ballester et al., 1982; Carballeira, 1980). Otras especies cuya influencia alelopática es muy fuerte en la regeneración de coníferas como *Eupetrum hermaphroditum* y *Pteridium aquilinum* (Zachrisson

y Nilsson, 1992; Ferguson y Boyd, 1988), ésta última ampliamente distribuida en el área de estudio.

Los resultados generados en este estudio, arrojan elementos suficientes para rechazar o aceptar las diferentes hipótesis planteadas, las cuales se desglosan de la siguiente manera:

#### Influencia de la intensidad lumínica

\*Para una mayor emergencia de plántulas (35.15 %, 26,245 emergencia de plántulas por hectárea) se requirió una intensidad de luz intermedia representada por la densidad 88 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (2,090  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  y 1.91 de IAF), siendo innecesarios durante esta etapa, los tratamiento de preparación de sitio.

\*Durante la etapa de supervivencia (5 y 8 meses), las interacciones entre las densidades 88 y 140 árboles  $\text{ha}^{-1}$  con actividades de barbecho y limpia mostraron supervivencias superiores respecto a las demás interacciones, con 77.39 a 90 % (15, 710 y 18, 270 plántulas por hectárea)

\*A medida que las densidades se reducen (0, 21 árboles por hectárea) aumenta la altura de las plántulas, dándole a la especie el carácter de intolerante.

De lo antes expuesto, podemos señalar que dentro de la primera hipótesis planteada, se cumple totalmente la etapa de emergencia, parcialmente en la supervivencia y no funciona para la altura.

## Influencia de los tratamientos de preparación de sitio

\*El barbecho y la limpia, mostraron una mayor supervivencia respecto al testigo y a la quema de más del 60%, durante el 5° y 8° mes de vida de la planta.

Dentro de la segunda hipótesis planteada, se cumple parcialmente en la supervivencia, no así para la emergencia y la altura.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES

1. El grado intermedio de cobertura y densidad de arbolado (88 árboles  $ha^{-1}$ , ) presentó una mayor emergencia de plántulas de más del 34 %, siendo innecesarios, durante esta etapa, ningún tratamientos de preparación de sitio.
2. Con actividades de preparación de sitio, principalmente barbecho y limpia, se obtuvo una supervivencia de más del 60% durante el 5° y 8° mes de vida de la planta.
3. Las interacciones 88 y 140 árboles  $ha^{-1}$  con actividades de barbecho y limpia mostraron una supervivencia entre 70 y 90 %, particularmente en las edades de 5 y 8 meses.
4. La altura de las plántulas fue mejor en la densidad 0 árboles  $ha^{-1}$ , mientras que en la densidad 330 árboles  $ha^{-1}$  su desarrollo fue significativamente afectado.
5. La estabilidad en los porcentajes de supervivencia y la densidad de plántulas por hectárea, se alcanzó a la edad de 15 meses, lo cual puede considerarse como el tiempo necesario para el establecimiento completo de la regeneración de *Pinus pseudostrobus*
6. El mayor porcentaje de mortalidad de plántulas de *Pinus pseudostrobus* se presentó durante los meses de marzo a junio, coincidiendo con los más calientes del año.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7. Las mayores alturas de las plántulas de *Pinus pseudostrobus* fueron observados durante gran parte de las estaciones de primavera y verano, cuyas temperaturas y precipitaciones fueron las más altas en el año.

LITERATURA CITADA

- Ackzell, L. 1993. A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden. Forest Ecology and Management, 61, 229-245.
- Aldrete, A. 1990. Evaluación de la regeneración natural de *Pinus monterumae* Lamb., en áreas tratadas con el método de árboles padres. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. Montecillo, México. 95 p.
- Baker, F. S. 1945. Effects of shade upon coniferous seedlings grown in nutrient solutions. J. For. 43: 428-435.
- Ballester, A., Vieitez, A. M., Vieitez, E. 1982. Allelopathic potential of *Erica vagans*, *Colluna vulgaris* and *Daboecia cantabrica*. Journa of Chemical Ecology, 8(5), 951-857.
- Barnet, J. P. y J. B. Baker. 1991. Regeneration methods. US. For. Serv. Southern Forest Experiment Station. Proc. Rep. 51-60.
- Bello, G. M. A. 1993. Potencial, Eficiencia y Producción de semillas en conos de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Quinceo, Paracho, Mich. Ciencia For. No. 64. Inst. Nac. Invest. For. y Agropec. México.
- Bello, G. M. A. y Labat, J.N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán. INIFAP-CEMCA. Collection Etudes Mesoamericaines. Serie 11-9. Cuaderno de Estudios Michoacanos. México D.F. 98 pp.

Bocco, G., M. Mendoza, O. R. Masera. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín núm. 44. Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 18-38.

Boe, K. N. 1975. Natural seedlings and sprouts after regeneration cuttings in old-growth redwood. USDA. For Serv. Res. Pap. PSW-111, 17 p.

Boggs, J. A. 1991. Evaluation of shortleaf pine germination and early survival under various seedbed conditions. M. S. Thesis, Ok. State Univ., Stillwater, OK. 35 p.

Boyd, M. 1987. Natural Regeneration of Loblolly Pine. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, SE-47, 17 pp.

Boyer, W. D. 1963. Development of longleaf pine seedling under parent tree. US. For. Ser. Note. SO-181. 1 p.

Boyer, W. D. 1993. Long-term development of regeneration under Longleaf pine seedtree and shelterwood stands. J. For. 17(1): 10-15.

Bramlett, D. L. 1974. Seed potential and seed efficiency, In Seed Yield form Souther Pine Seed Orchar Colloquiom Proc. John Kraus (Ed). For. Res. Counc., Macon, GA: pp. 1-7.

Brissette, J. C. and J. L. Chambers. 1991. Root zone environment, root growth, and water relations during seedling establishment in: Brissette, Jhon C; Barnnett, James P.,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Comps. Proceedings: Shortleaf pine regeneration workshop. US. For. Serv. Tec. Rep. SO-90. 67-76.

Cain, M. D. 1988. Hardwood contro before harvest improves natural pine regeneration. Res. Pap. SO-249. New Orleans, LA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.

Cain, M. D. 1988 b. Competition Impacts on Growth of Naturally Regenerated Loblolly Pine Seedlings. Res. Note SO-345. Arkansas, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas. Ed. Trillas. México, D. F. 125 pp.

Cannell, M.G.R. y F.T. Last. 1976. Tree physiology and Yield improvement. Academic Press. USA. 567 p.

Carballeira, A. 1980. Phenolic inhibitors in *Erica australis* L., and in associated soil. J. Chem. Ecol., 6, 593-596.

Cevallos, F. S., Carmona, V. T. 1981. Banco de información de estudios tecnológicos de maderas que vegetan en México. (Banco xilotecnológico). INIF. SARH. Catálogo 2.

Chacón, S. J. M. 1993. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica*, bajo diferentes grados de cobertura de dosel de árboles padres. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 65 p.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Chávez, L. G. 1999. Marco de referencia faunístico del Campo Experimental Uruapan (Inédito).

CIMP, PNUD, SEMARNAP, INI, PAIR y COPLADEM. 1998. Programa de desarrollo regional de la Meseta Purépecha. Michoacán, México. 85 p.

Cleary, B. D., Greaves, R. D. y Hermann, R. K. (Ed.) 1978. Regenerating Oregon's Forests. A guide for the regeneration forester. Oregon State University Extension Service. 286 p.

Cooper, R. W., Schopmeyer, C. S., y McGregor, H. D. 1959. Sand pine regeneration on the Ocala National Forest. USDA For. Serv. Production Research Report No. 30. 37 p.

Copeland, L. O. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Department of Crop and Soils Science, Michigan State University, Burgess Publishing Company, USA. 369 p.

Creighton, J. L., B. R. Zutter, G. R. Glover, and D. H. Gjerstad. 1987. Planted pine growth and survival responses to herbaceous vegetation control, treatment duration, and herbicide application technique. South. J. Appl. For. 11 (4): 223-227.

Daniel, T. W., Helms, J. A y F. S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Trad. del inglés por Elizondo, M.R. McGraw-Hill. 492 p.

Daubenmire, R. F. 1979. Ecología Vegetal. Tratado de Autoecología de Plantas. Tercera edición. Editorial Limusa.

De Barr, G. L. and B. H. Ebel. 1973. How seed bugs reduce the quantity and quality of pine seed yield. In Twelfth. For. Tree Improv. Conf. Proc. pp. 97-103.

Delgado, V. P. 1992. Aspectos biológicos de conos y semillas de tres especies de *Pinus* en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Tesis Profesional, UMSNH, Morelia, Michoacán. 87 p.

Derr, H. J. y Mann Jr., W. F. 1977. Bedding poorly drained sites for planting loblolly and slash pine in southwest Louisiana. USDA For. Serv. Res. Pap. SO-134. 5 p.

Dirección Técnica Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. 1988. Estudio de Manejo Integral de Recursos Forestales. Nuevo San Juan Parangaricutiro, Uruapan, Mich., México. 86 pp.

Dolling, A. H. U. 1996. Interference of bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn.) with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) seedling establishment. Forest Ecology and Management, 88 (3), 227-237.

Egler, F. E. 1954. Vegetation science concepts: 1. Initial Floristic composition: A factor in old-field vegetation development. Vegetatio, 4, 412-417.

Eguiluz, P. T. 1978. Ensayo de integración sobre conocimientos del género *Pinus*. Tesis Prof. E. N. A. CH. 82-97.

Ek, A. R. y J. D. Brodie. 1975 A preliminary analysis of short-rotation aspen management. Can. J. For. Res. 5: 245-258.

Ferguson, D. E. 1984. Needed: Guidelines for defining acceptable advance regeneration. USA. Forest Service. Intermountain For. and Rang. Exp. Sta. Ser. Res. Note INT-341.

Ferguson, D. E., R. J. Boyd. 1988. Bracken Fern Inhibition of Conifer Regeneration in Northern Idaho. USDA. Forest Service, Intermountain Research Station INT-388, 12 pp.

Fierros, G. A. M. 1990. Factores del ambiente que afectan a la regeneración natural de las coníferas y su manipulación silvícola. In. Tercera Reunión Anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropopecuarias del Edo. de Veracruz. 1990. Memoria, Veracruz, Ver. (México). 6-7/Dic/90. CIFAP-Veracruz 2: 212-228.

Flores, M., G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. 1971. Memoria del mapa de tipos vegetación de la República Mexicana. SRH. México, D. F. 59 pp.

Foiles, M. N., y Curtis, J. D. 1973. Regeneration of ponderosa pine in Northern Rocky Mountain-intermountain region. USDA. For. Serv. Research Paper INT-145. 44 p.

Ginzo, H. D. 1980. "Fisiología de la germinación", en: Sivori, E. (ed.), Fisiología Vegetal, Hemisferio Sur, Argentina, págs. 613-628.

Gómez, P. A. 1976. Antología Ecológica. Lecturas Universitarias. UNAM. 156-177.



Gómez T., R. A. F. 1997. Marco de referencia forestal del CIRPAC. INIFAP. Inédito.

González, G., M. J.; M. A. Musálem, G. Zárate y A. Velázquez. 1991. Estudio de la germinación del oyamel (*Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham.) en condiciones naturales en Zoquiapan, México. *Chapingo* 15(75): 59-66.

Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1971. Propagación de plantas principios y prácticas., Trad. Marino. A. A. CECSA, México, 809 pág.

Harper, J. L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press, Inc., New York. 892 p.

Harrington, M. 1977. Response of Ponderosa Pine Seeds to Light. USA. Forest Service. Intermountain For. and Rang. Exp. Sta. Ser. Res. Note INT-220.

Hartman, T. H. y D. E. Kester. 1980. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Ed. CECSA, México.

Heiligmann, R. y Schneider, G. 1975. Black walnut seedling growth in wind protected microenvironments. *For. Sci.* 21: 293-297.

Hermann, R. K. 1978. Seeding. In Regenerating Oregon's Forest. A guide for the regeneration forest. Oregon State University Extension Service. 148-162.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Hermann, R. K. y W.W. Chilcote. 1965. Effect of seedbeds on germination and survival of Douglas-fir. US For. Serv. Res. Pap. 4. 28 p.

Hocker, W. H. 1984. Introducción a la biología forestal. (Trad. al Español por Flor A. Bello López) Impr. AGT Editor, México. 446 p.

Holmes, G. D. y Buszewicz, G. 1958. The storage os seed of temperate forest tree species. Forestry Abstracts 19 (3): 313-322.

Islas, E. 1987. Un modelo de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica* Engelm. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. 82 p.

Jann, R. C. y Amen, D. R. 1977. "What is germination", en Khan, A. A. (ed.) Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination, Elsevier/North Holland Biomedical Press, Holanda, págs. 7-27.

Jeffers, J. N. R. 1960. Experimental design and analysis forest research IUFRO. Stockholm, Sweeden.

Jardel, P. R. 1985. Una revisión crítica del método mexicano de ordenación de bosques desde el punto de vista de la ecología de poblaciones. Ciencia Forestal. 10(58): 1-16. México.

Khan, A. A. 1975. "Primary, preventive and permissive roles hormones in plants systems", Bot. Rev. vol. 41, págs, 391-420.

Koller, D. 1972. "Enviromental control of seed germination", en: Kozlowsky, T. T. (ed.) Seed Biology. Academic Press., Estados Unidos, vol. 2, págs. 2-101.

Korstian, C. F. 1925. Some ecological effects of Shading coniferous nursely stock. Ecology 6(1): 48-51.

Laacke, R. J.; Tomascheski, J. H. 1986. Shelterwood regeneration of true fir: conclusions after 8 years. Res. Paper PSW-184. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 7 p.

Lambin, E. F. 1997. "Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions", Progress in Physical Geografhy, 21, 3:375-393.

Liming, F. G. 1945. Natural regeneration of Shortleaf pine in the Missouri Ozarks. J. For. 43(1): 339-345.

Little, T. M. y Hills, F. J. 1983. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Edit. Trillas. México. 139 p.

López, L. M. A. 1993. Evaluación nutrimental de **Abies religiosa** en el desierto de los Leones, D. F. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 246 p.

Lust, N. 1988. Análisis of a natural regeneration of Scots pine in the High Campine after a fire. Silva Gandavensis, 53, 3-28.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Madrigal, S. X. 1982. Clave para la identificación de las coníferas silvestres del Estado de Michoacán. Bol. Div. 58. INIF, SARH. 100 p.

Maguire, J. D. 1980. "Seed dormancy and germination", Adv. In Res. And. Technol. of seeds, Parte 5, págs. 41-67.

MAS, P. J. 1966. Algunas consideraciones sobre la regularización de la posibilidad en bosques de pino en México. Memoria de la III Convención Nacional Forestal. México pp. 478-484.

Marquis, D. A. 1965 b. Regeneration of birch and associated hardwoods after patch cutting. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-32, 13 p.

Marquis, D. A. 1973. The effects of environmental factors on advanced regeneration of Allegheny hardwoods. Thesis Ph. D. Yale Univ. Sch. of For. and Environmental Studies. New Haven, Conn. 147.

Marquis, D. A.; J. C. Bjoskbom y G. Yelenosky. 1964. Effect of seedbed Condition and Lightexposure on Paper Birch Regeneration. Journal of Forestry 62 (12): 876-881.

Marshall, P.E., and T. T. Kozlowski. 1977. Changes in structure and function of epigeous cotyledons of woody angiosperms during early seedling growth. Can. J. Bot. 55: 208-215.

Martinez, G. A. 1988. Diseños experimentales, métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. México. 756 p.

Martínez, P. M. 1987. Estudio de la variación poblacional en regeneración natural de *Pinus douglasiana* en Atenquique, Jal. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología, UMSNH. Uruapan, Mich. 58 p.

Martínez, R. M. 1997. Inventario florístico de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Tesis Profesional. Facultad de Biología, UMSNH, Morelia Mich.

Marx, D. H. 1975. Mycorrhizae and establishment of trees on striped-mined land. *Ohio J. Sci.* 75 (6): 288-297.

Mas, P. J., Mora, P. E. R. 1991. Manual para el establecimiento, medición y análisis de sitios permanentes de experimentación silvícola en bosques de coníferas. SARH, CIFAP-MICH, FODEF. 64 p.

Masera, O. R., M. J. Ordóñez y R. Dirzo (1997). "Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios", *Climatic Change*, pp. 265-295.

Mastache M. A. y Arteaga, M. B: 1988. Tratamientos al suelo para estimular la regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Agrociencia* No. 72: 95-104.

McDonald, M. P. 1976. Inhibiting effect of ponderosa pine seed tree on seedling growth. *J. For.* 220-224.

Mc. William, J. R. 1959. Interspecific incompatibility in *Pinus*. *Am. J. Bot.* 46: pp. 425-433.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Metz, L. J., T. Lotti, and R. A. Klawitter. 1961. Some effects of prescribed burning on Coastal Plain forest soils. USDA For. Serv., Southeast. For. Exp. Stn. Pap. 133: 64-65.

Meyer, A. M. y Poljakoff-Mayber. 1975. Ther Germination of seeds. Pergamon. New York.

Mikola, P. 1973. Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. In. Marks, G. C., y Kozlowski, T.T. (eds.). 1973. Ectomycorrhizae: their ecology and physiology. New York, Academic Press. Chapt. 10. 383-422 pp.

Miller, R. E., Williamson, R. L. and Silen, R. R. 1974. Regeneration and growth of coastal Douglas-fir. In. USDA For. Serv. 1974. Environmental effects of forest residues management in the Pacific northwest: a state-knowledge compendium USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-24. pp. J-1/J-41.

Minore, D.; Graham, N. J.; Murray, W. E. 1984. Environment and Forest Regeneration in the Illinois Valley Area of Southwestern Oregon. Res. Note PNW-413. Oregon: Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 20 p.

Musálem, S. M. A. 1984. Effect of Environmental Factors on Regeneration of *Pinus montezumae* Lamb. in a Temperate Forest of Mexico. Dissertation Doctor of Phylosophy. University Yale, USA.

Musálem, S. M. A.; A. Velázquez M. y M. J. González G. 1991. Algunas consideraciones ecológicas-silvícolas en el establecimiento de la regeneración natural en bosques de clima templado frío de la región central. Agrociencia Ser. Rec. Nat. 1(3): 55-75.

Nikolaeva, G. M. 1969. Physiology of seed dormancy in seed, Trd. Shapiro S. IPST, Press., Israel, 220 pág.

Noble, L. D. y R.R. Alexander. 1977. Environmental factors affecting natural regeneration of Engelmann spruce in the central Rocky Mountains. US. For. Serv. Res. Pap. PSW-115. 9 p.

Oliver, C. D., B. C. Larson. 1996. Forest Stand Dynamics. Ed. John Wiley & Sons, Inc., 2ª Ed., Nueva York, 520 pp.

Oliver, W. W. 1985. Growth of California red fir advance regeneration after overstory removal and thinning. Res. Paper PSW-180. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. 6 p.

Oriandni, M. y C. Buland. 1972. Photosensitivity of *Pinus banksiana* Seeds. Biol. Plant. 14: 260-268.

Oosterbaan, A. 1994. Results of Trial with Regeneration of *Pinus sylvestris* in the Netherlands. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. Fuera de Serie 3, 149-153.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Patiño, V. F. 1973. Floración, Fructificación y Recolección de Conos y Aspectos sobre Semillas de Pinos Mexicanos. Bosques y Fauna, Julio-Agosto. México.

Pearson, G. A. 1935. Some observations on the reaction of pine seedling to shade. J. Ecol. 17; 270-276.

Perry, J. P. 1992. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press, Portland Oregon. 231 pp.

Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales, propiedades, conservación y manejo. (Trad. José Huerta Vegta) Limusa. 165-168.

Radosevich, S. R. 1984. Interference between Greenleaf Manzanita (*Arctostaphylos patula*) and Ponderosa pine (*Pinus ponderosa*). In: Seedling Physiology and Reforestation Success. Duryea M.L., Brown G.N., ed. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, Boston, pp.259-270.

Roberstdotter, G. A. 1992. Changes in chorophyll fluorescence and chorophyll content in suppressed Norway spruce (*Picea abies* (L)Karst) in response to release cutting structure and function tree. 6: 41-47. Dep. For. Res. 41 p.

Roe, A. L.; R.R. Alexander y M. D. Andrews. 1970. Engelmann spruce regeneration practice in the Rocky Mountain, Prod. Res. Pap. 115. 32 p.

Rogers, N. F. and K. W. Seidel. 1965. Seeding shortleaf pine in the Missouri Ozarks. USDA For. Serv. Res. Pap. CS-8. 12 p.

Rojo A., Montero, G. 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Mapa, Madrid, 293 pp.

Rolston, M. P. 1978. "Water impermeable seed dormancy", The Bot. Rev. vol. 4 (3), págs. 365-396.

Ronco, F. 1970. Engelmann spruce seed dispersal and seedling establishment in clearcut forest opening in Colorado US. For. Serv. Res. Note RM-168. 6 p.

Ruel, J. C. 1992. Impact de la compétition exercée par le framboisier (*Rubus idaeus* L.) et les feuillus de lumière sur la croissance du sapin (*Abies balsamea* (L) Mill. ) en régénération. Can. J. For. Res. 22: 1408-1416.

Rzedowsky, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.

Saksa, T. 1994. Natural regeneration on prepared areas. Some reason for the variation. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. Fuera de Serie 3. 231-240.

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1978. Plant physiology, Wadsworth, Estados Unidos, 422 pág.

Salmón, M. J. 1979. Influencia de la humedad invernal en el crecimiento en altura de los pinos en el estado de Chihuahua. La Investigación Forestal en los Organismos Descentralizados. INIF. Pub. Esp. (15): 33 p.

Sarvas, R. 1962. Investigations of the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Commun. Inst. Forest Fenn. 53. 198 p.

Sasaki, S. y Asakawa, S. 1976. "High sensitivity to monochromatic light in seed germination of *Pinus resinosa*", en: Asakawa, S. (ed.) Proceedings of second international symposium on physiology of seed germination, Japón, págs. 133 y sigs.

Saucedo, S. A. y V. B. Acosta. 1989. Modelo de organización para la producción forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. México. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología. U.M.S.N.H., pp 28-42.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1991-1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría Forestal. México. D.F. 53 p.

Segura, G.; Snook, C. L. 1992. Stand dynamics and regeneration patterns of a pinyon pine forest in east central Mexico. Forest Ecology y Management 47. 175-194

Seidel, K. W. 1979. Natural Regeneration After Shelterwood Cutting in a Gran Fir-Shasta Red Stand in Central Oregon. U.S. Forest Service Forest Range Exp. Sta. Pap. PNW 259. Portland, Oregon. 23 pp.

Seidel, K. W.; Head, S. Conrade. 1983. Regeneration in mixed conifer partial cuttings in the Blue Mountains of Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-310. Portland OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific North-west Forest and Range Experiment Station. 14 p.

Schepper (DE) C. 1988. Typology of the natural regeneration in a middle-aged Scots Pine Forest. *Silva Gandavensis*, 53, 29-60.

Schubert, G. H. 1974. Silviculture of southwestern ponderosa pine: the status of our Knowledge. U. S. D. A. For. Serv. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Stn. Res. Pap. RM- 123. 71 p.

Shelton, G., M. y R. F. Wittwer. 1991. Effects of seed bed condition on natural Shortleaf pine regeneration in: Brissette, Jhon C; Barnett, James P., Comps. Proceedings: Shortleaf pine regeneration workshop. US. For. Serv. Tec. Rep. SO-90. 124-139.

Shepperd, W. D.; R. A. Alexander, y F. Ronco. 1983. Silviculture of ponderosa pine in the Central and Southern Rocky Mountains. US. For. Serv. RM-TI-4. 23 p.

Silvertown, J. W. 1984. In Introduction to plant population ecology. Longman. London 209 p.

Smith, M. D. 1951. The influence of Seedbed Conditions On the Regeneration of Eastern White Pine. Bull. 545. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven. 61 p.

Smith, M. D. 1962. The Practice of Silviculture. 7a. ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 578 p.

Smith, M. D. 1986. The Practice of Silviculture. 8a. ed. John Wilwy & Sons. New York. 527 p.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sproat, W. J. 1930. Natural reproduction of Western yellow pine. J. For. 28 (3): 334-337.

Spurr, S. H. 1957. Local climate in the Harvard Forest. Ecology 38: 37-46.

Spurr, S.H. y B. V. Barnes. 1980. Forest Ecology. 3a. ed. Wiley and Sons. USA. 687 p.

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. (Trad. por Carlos L. Raigorodsky, Z. ) AGT. Ed. México. 690 p.

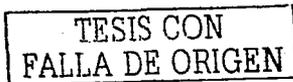
Stark, N. 1965. Natural Regeneration of Sierra Nevada Mixed Conifers After Logging. Journal of Forestry. 63(6): 456-461.

Stein, W. I. 1986. Regeneration outlook on BLM lands in the Siskiyou Mountains. Res. Pap. PNW-349. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 104 p.

ST- Pierre, H., Gagnon, R., Bellefleur, P. 1992. Régénération apres feu de l'épinette noire (*Picea mariana*) et du pin gris (*Pinus banksiana*) dans foret boréale, Quebec. Can. J. For. Res. 22: 474-481.

Strothman, R. O. 1972. Douglas-fir in northern California: effects of shade on germination, survival, and growth. USDA Forest Service. Res. pap. PSW.

Tarrant, R. F. 1956 b. Effect of slash burning on some physical soil properties. For. Sci. 2: 18-22.



Taylorson, R. B. y Hendricks, S. B. 1977. "Dormancy in Seeds", An. Rev. Plant. Physiol. Vol. 28, pág., 331-354.

Tomback, D. F., Sund, S. K. and Hoffmann, L. A. 1993. Post-fire regeneration of *Pinus albicaulis*: height-age relationships, age structure, and microsite characteristics. Can J. For. Res. 23: 113-119.

Toole, V. K. y E. H. Toole. 1961. Responses of seeds of *Pinus virginiana* to light. Physiology Plant. 36: 283-290.

Toole, V. K; E. H. Tooley A. G. Borthwich. 1962. Response of Seed of *Pinus taeda* and *Pinus strobus* to light. Physiology Plant 37: 228-232.

Vaartaja, O. 1954. Temperature and evaporation at and near ground level on certain forest sites. Canad. J. Bot. 32: 760-783.

Varela, H. S. 1998. Los Recursos Forestales de México. Memoria del ciclo de conferencias: El sector forestal de México, avances y perspectivas. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F. pp. 29-43.

Velázquez, M. A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría del Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Velázquez, M. A.; M. R. Keyes y G. Zárate. 1985. Influencia de la intercepción de la luz solar en el crecimiento de la regeneración artificial de *Pinus hartwegii* Lindl. En: Memoria de la 111 Reunión Nacional sobre plantaciones Forestales. Publ. Esp. Núm. 48. SARH. México. pp. 579-594.

Velázquez, M. A., A. Y M. A. Musálem. 1986. Comportamiento de la viabilidad de la semilla de *Pinus hartwegii* Lindl., almacenada en el piso forestal. Agrociencia. 64: 141-146.

Vézina, P. E. and D. W. K. Boutler. 1966. The spectral composition of near ultraviolet and visible radiation beneath forest canopies. Can. J. Bot. 44: 1267-1284.

Webb, S. B., P.J. Wood. 1980. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Paper 16. University of Oxford. London. 275 p.

Wickman, B. E.; Seidel, K. W.; Starr, G. L. 1986. Natural regeneration 10 years after a Douglas-fir tussock moth outbreak in northeastern Oregon. Res. Pap. PNW-RP-370. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 15 p.

Willet, R. L. and Baker, J. B. 1993. Natural Regeneration Techniques. Forest Farmer 52(7): 14-16. New Orleans, Louisiana, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 31-33.

Williamson, D. M. and Minore, D. 1978. Survival and growth of planted conifers on the dead indian plateau east of Ashland, Oregon. Res. Pap. PNW-242. U.S. Department Agriculture Forest Service. 15 p.

Wendell, G. W. 1977. Longevity of black cherry, wild grape, and sassafras seed in the forest floor. USDA. For. Serv. Res. Pap. NE-375, 7 p.

Zackrisson, O., Nilsson, M. C. 1992. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphoditum* on seed germination of two boreal tree species. Can. J. For. Res., 22, 1310-1319.

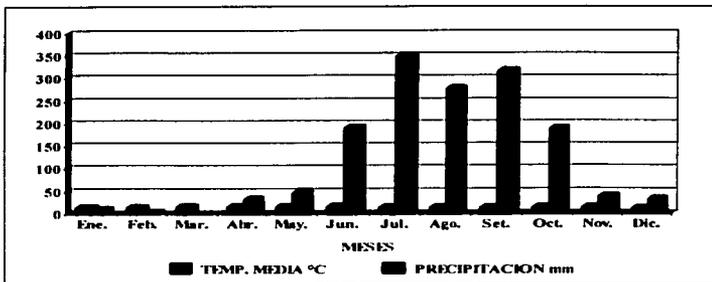
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ANEXOS

Anexo 1. ELEMENTOS DEL CLIMA DE LA COMUNIDAD INDÍGENA NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO, MICH. MÉXICO. ESTACION: El DURAZNO (1989-91)

MES	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACION	EVAPORACION
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	(mm)	(mm)
Enero	21.2	6.7	14.0	10.6	77.0
Febrero	21.8	6.8	14.3	4.6	92.3
Marzo	24.2	7.9	16.1	0.0	133.3
Abril	25.0	9.3	17.2	32.1	135.7
Mayo	24.1	10.2	17.3	47.9	124.6
Junio	21.3	10.9	16.1	191.1	80.3
Julio	19.8	10.3	15.0	351.5	79.5
Agosto	19.7	10.7	15.2	278.4	80.8
Septiembre	19.2	10.6	14.9	317.7	62.0
Octubre	19.7	8.4	14.7	189.1	61.4
Noviembre	19.4	8.1	13.8	40.0	68.1
Diciembre	18.5	7.0	12.7	33.6	63.6
Total				1496.6	1058.6

Anexo 1 a. GRAFICA DE BARRAS DEL CLIMA DE LA COMUNIDAD NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO



Anexo 2. DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN CON RELACION AL USO ACTUAL DEL SUELO

DISTRIBUCION	SUPERFICIE
Arbolado de protección a cuencas hidrogr	468 Ha
Agricultura	2832 Ha
Fruticultura	1 214 Ha
Vegetación arbustiva	239 Ha
Pastizales	50 Ha
Con arena	23 Ha
Con lava volcánica	1 810 Ha
Plantaciones en arena	420 Ha
Plantaciones en arena que fueron agrícolas	400 Ha

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Anexo 3. ESPECIES DOMINANTES DEL ESTRATO ARBOREO INFERIOR DEL BOSQUE DE PINO

<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.
<i>Abies religiosa</i> (H.B.K.) Sch. et Cham.	<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.
<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>lutea</i> Furlow.	<i>Quercus rugosa</i> Née.
<i>Arbutus xalapensis</i> H.B.K.	<i>Quercus castanea</i> Née.
<i>Crataegus pubescens</i> (H.B.K.) Steud.	<i>Quercus crassipes</i> Humb. & Bonpl.
<i>Prunus serotina</i> subs. <i>capuli</i> (Cav.) McV.	<i>Quercus dysophylla</i> Benth.
<i>Arctostaphylos discolor</i> (Hook.) DC.	
<i>Ternstroemia pringlei</i> (Rose) Standl.	

Anexo 4. ESPECIES ARBUSTIVAS DEL BOSQUE DE PINO

<i>Archibaccharis serratifolia</i> (H.B.K.)	<i>Crotalaria pumila</i> Ort.
<i>Baccharis heterophylla</i> H.B.K.	<i>Crotalaria longirostrata</i> Hook.
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.	<i>Fuchsia thiaifolia</i> H.B.K.
<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	<i>Helianthemum glomeratum</i> Lag.
<i>Senecio mexicanus</i> McVaugh.	

Anexo 5. ESPECIES HERBACEAS DEL BOSQUE DE PINO

<i>Cestrum thyrsoideum</i> H.B.K.	<i>Oxalis hernandesii</i> DC.
<i>Cuscuta corymbosa</i> Ruiz & Pavón.	<i>Piqueria trinervia</i> Cav.
<i>Crotalaria rotundifolia</i> Windler.	<i>Physalis pringlei</i> Greenm.
<i>Crusea longiflora</i> Anderson.	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl.	<i>Rhus radicans</i> L.
<i>Desmodium molliculum</i> (HBK.) DC.	<i>Senecio salignus</i> DC.
<i>Desmodium neomexicanum</i> A. Gray.	<i>Senecio stoechadiformis</i> DC.
<i>Eupatorium mairertianum</i> DC.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.	<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.	<i>Tagetes remotifolia</i> Kunze.
<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.
<i>Lopezia recemosa</i> Cav.	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.

Anexo 6. ESPECIES ARBUSTIVAS DEL BOSQUE DE PINO-ENCINO

<i>Accurtia turbinata</i> (Llave & Lex)	<i>Lupinus campestris</i> Cham. & Schl.
<i>Arcostaphylos discolor</i> (Hook.) DC.	<i>Monnina schlechtendaliana</i> D. Dietr.
<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.	<i>Salvia mexicana</i> L.
<i>Cestrum thyrsoideum</i> H.B.K.	<i>Satureja macrostema</i> (Benth.) Briq.
<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	<i>Senecio angulifolius</i> DC.
<i>Lobelia laxiflora</i> H.B.K.	<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.
<i>Lupinus bilineatus</i> Benth.	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Anexo 7. ESPECIES HERBACEAS DEL BOSQUE DE PINO-ENCINO

<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	<i>Piqueria triflora</i> Hemsl.
<i>Arracacia atropurpurea</i> (Lehm.) Benth.	<i>Piqueria trinervia</i> Cav.
<i>Bidens equisquama</i> (Fernald) Sherff.	<i>Plantago australis</i> Lam.
<i>Cyperus spectabilis</i> Link.	<i>Salvia elegans</i> Vahl.
<i>Drymaria villosa</i> Cham. & Schl.	<i>Salvia lavanduloides</i> Benth.
<i>Eryngium alternatum</i> Coult. & Rose.	<i>Sigsbeckia jorullensis</i> H.B.K.
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.
<i>Loperia racemosa</i> Cav.	
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	

Anexo 8. ESPECIES ARBOREAS DEL BOSQUE DE *Abies*

<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> (Schlecht.) Furlow.
<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>jorullensis</i> H.B.K.
<i>Cornus disciflora</i> Sessé & Mociño ex DC.
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.
<i>Quercus rugosa</i> Née.
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.

Anexo 9. ESPECIES DEL ESTRATO ARBOREO INFERIOR DEL BOSQUE DE de *Abies*

<i>Alnus jorullensi</i> ssp. <i>lutea</i> Furlow.
<i>Arbutus xalispensis</i> H.B.K.
<i>Symplocos prionophylla</i> Hemsl.
<i>Ternstroemia pringlei</i> (Rose) Standl.

Anexo 10. ESPECIES ARBUSTIVAS DEL BOSQUE DE *Abies*

<i>Arctostaphylos discolor</i> (Hook.) DC.
<i>Berberis moranensis</i> Hebenstr.
<i>Coriaria ruscifolia</i> L.
<i>Lupinus campestris</i> Cham. & Schl.
<i>Lupinus bilineatus</i> Benth.
<i>Monnina schlechtendaliana</i> D. Dietr.
<i>Salvia gesneriflora</i> Lindl.
<i>Satureja macrostema</i> (Benth.) Briq.

Anexo 11. ESPECIES HERBACEAS DEL BOSQUE DE *Abies*

<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	<i>Lopezia racemosa</i> Cav.
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.	<i>Salvia elegans</i> Vahl.
<i>Fuchsia microphylla</i> H.B.K.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	<i>Sigesbeckia jorullensis</i> H.B.K.
<i>Gnaphalium viscosum</i> HBK.	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.