

UNIVERSIDAD AUTONOMA
CHAPINGO

DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

ESTUDIO DE LA REGENERACION DE Pinus arizonica Engelm.,
EN EL CAMPO EXPERIMENTAL "MADERA" , CHIHUAHUA.

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN CIENCIAS FORESTALES.

P R E S E N T A.

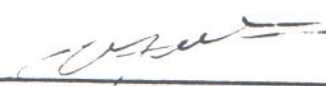
PIOQUINTO CHAVEZ OLIVAS

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

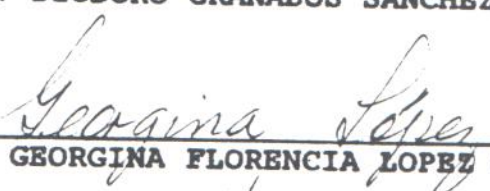
MAESTRO EN CIENCIAS EN:

CIENCIAS FORESTALES

PRESIDENTE:


DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ

ASESOR:


M.C. GEORGINA FLORENCIA LOPEZ RIOS

ASESOR:


M.C. JAVIER SANTILLAN PEREZ

Chapingo, Méx., Agosto de 1996

PRESIDENTE: _____

DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ

ASESOR: _____

M.C. GEORGINA FLORENCIA LOPEZ RIOS

ASESOR: _____

M.C. JAVIER SANTILLAN PEREZ

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION GENERAL DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO:

M.C. JORGE MELENDEZ HERRERA

REPRESENTANTE DE LA COORDINACION DEPARTAMENTAL DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO:

DR. ENRIQUE SERRANO GALVEZ

STUDY OF REGENERATION OF Pinus arizonica Engelm. AT THE
EXPERIMENTAL FIELD OF "MADERA", CHIHUAHUA.

S U M A R Y

This research was made in the Experimental Field of "Madera" at the State of Chihuahua with the purpose of finding the effect of crown cover of the seed over the mortality, lifetime and growth (in terms of height and diameter) of Pinus arizonica Engelm.

The variables considered were the number of seedlings total - height in cm (at 6, 12, 18, 36, and 114 months of age) and diameter at the base of the stem for the plants with 114 months of age.

The results showed that Pinus arizonica Engelm. require some protection of seedlings in the early months of development to reduce the mortality and to promote growth in both height and diameter. It was concluded that there is no significant influence in height for plants of 6 and 36 months of age. However, at 114 months of age it was observed a direct relationship between the crown cover and the inhibition of seedlings growth terms of height and diameter.

AGRADECIMIENTOS

Hago patente mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que hicieron posible la realización de este trabajo:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma de Chapingo, por la oportunidad y el apoyo para realizar mi programa de estudios.

A la Universidad Autónoma de Chihuahua, por el apoyo para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) Campo Experimental "Madera" por las facilidades brindadas para disponer de la valiosa información de campo para la realización de este trabajo.

A los Ings. Roberto Armendáriz Olivas y Juan Manuel Chacón Sotelo y a todo el Personal del Campo Experimental "Madera", por sus valiosas aportaciones en la investigación forestal en el estado de Chihuahua.

A los integrantes del comité asesor y revisor por su valiosa guía en la realización de este trabajo:

DR. DIODORO GRANADOS SANCHEZ
M.C. GEORGINA FLORENCIA LOPEZ RIOS
M.C. JAVIER SANTILLAN PEREZ
M.C. JORGE MELENDEZ HERRERA
DR. ENRIQUE SERRANO GALVEZ

A mis excompañeros catedráticos, por su apoyo sin límite:

DR. MIGUEL OLIVAS GARCIA, ING. MAURICIO KIESLING
M.C. CONCEPCION LUJAN ALVAREZ Y M.C. JAVIER ZALAS.

Al M.C. Luis Emilio Castillo Márquez por su apoyo en el análisis estadístico de la información.

Al Ing. Carlos Francisco Romahn de la Vega, por su apoyo incondicional y su profesionalismo.

A mis compañeros de clase, por su constante apoyo y amistad:

JUAN CARLOS, JORGE, EDILBERTO, ADRIANO Y LUCIA.

Al Sr. Alberto Cuevas Rico, por su entrega incansable a la actividad forestal, gracias por sus conocimientos y amistad.

DEDICATORIA

**A MI ESPOSA:
MARIA DE LA PAZ EDAENA ISLAS VERGARA,
POR SU GRANDEZA, AMOR E IMPULSO EN TODAS MIS
ACTIVIDADES.**

**A MIS HIJOS:
PIO GIOVANNI Y MARIA DE LA PAZ**

**A MIS PADRES: SANTOS Y MANUELA
Y HERMANOS**

**A MI MEJOR AMIGO:
JUAN CARLOS ESCOTO PRADO**

**A LA MEMORIA DE DOS GIGANTES:
IVAN MORALES Y LUIS COSTA**

**A MIS MAESTROS Y
COMPAÑEROS DE CLASE**

CONTENIDO

	PAG.
INDICE DE CUADROS	1
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN.....	iii
1.- INTRODUCCION.....	1
2.- MARCO TEORICO.....	3
2.1.- Método de regeneración de árboles padres.....	4
2.2.- Etapas de la regeneración.....	7
2.2.1.- Producción de semilla.....	8
2.2.2.- Dispersión de la semilla.....	12
2.2.3.- Germinación.....	16
2.2.3.1.- Factores de la cama semillera ____	
que controlan la germinación.....	17
2.2.4.- Establecimiento y Sobrevivencia.....	21
2.2.5.- Desarrollo de la Regeneración.....	24
2.3.- Factores que ocasionan mortalidad en la ____	
regeneración.....	28
2.4.- Modelos de Regeneración y Mortalidad.....	30
2.5.- Sobrevivencia y Mortalidad.....	33
3.- MATERIALES Y METODOS.....	35
3.1.- Descripción de la especie en estudio.....	35
3.2.- Descripción del área de estudio.....	36
3.3.- Metodología del trabajo.....	38
3.3.1.- Características del Lote Experimental.....	38
3.3.2.- Diseño experimental.....	39

3.3.3.- Levantamiento de la información de campo...	40
4.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
6.-LITERATURA CITADA.....	59

INDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PAG.
1	Area de copa de los árboles semilleros, por tratamiento.....	40
2	Cálculo del % de mortalidad para 6, 12, 18, 36 y 114 meses, de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	42
3	Mortalidad de regeneracion de <u>Pinus arizonica</u> por tratamiento a la edad de 6, 12, 18 36 y 114 meses...	43
4	Análisis de varianza, para el cálculo de los Parámetros B0 y B1, para el modelo de Mortalidad de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.	45
5	Sobrevivencia y Mortalidad de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	46
6	Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., para el tratamiento A.....	47
7	Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., para el tratamiento B.....	47
8	Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., para el tratamiento C.....	48
9	Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., para el tratamiento D.....	48
10	Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., para el tratamiento E.....	49
11	Esperanzas de vida para cada uno de los tratamientos de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm...	49
12	Análisis de varianza de las esperanzas de vida con con el método estadístico de Duncan.....	50
13	Comparación de medias de la esperanzas de vida de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	50

CUADRO	TITULO	PAG.
14	Crecimiento en altura de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm. por tratamiento a la edad de 6, 36 y 114 meses.....	53
15	Comportamiento del diámetro y altura promedio por tratamiento de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm. a los 114 meses de edad, y comparación de significancia de altura y diámetro por tratamiento..	55

FIGURA

1	Representación de hipótesis del " escape". Por Jansen, 1970.....	15
2	Curvas de sobrevivencia según Peat, 1928; citado por Krebs, 1985).....	34
3	Ubicación geográfica del Area Experimental Forestal "Madera", en el estado de Chihuahua.....	36
4	Topografía del Area Experimental Forestal "Madera", en el estado de Chihuahua.....	37
5 y 6	Diseño experimental y distribución de los sitios de muestreo sobre cada parcela del lote experi- regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm., en el Area Experimental Forestal " Madera".....	39
7	Representación de la mortalidad por edad, por tratamiento de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	44
8	Sobrevivencia y mortalidad de la regeneración de -- <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	46
9	Esperanza de vida, por tratamiento de la regenera- ción de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.	51
10	Efecto de los tratamientos por edad en la altura de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	54
11	Efecto de los tratamientos en el crecimiento en altura y diámetro de la regeneración de <u>Pinus arizonica</u> Engelm.....	56

R E S U M E N

Esta investigación se realizó en el Campo Experimental - "Madera", en el estado de Chihuahua, con el objetivo de determinar el efecto de la cobertura de copa de los árboles padres en la mortalidad, esperanza de vida, y crecimiento en altura y diámetro de Pinus arizonica Engelm.

Las variables medidas fueron: número de brinzales; altura total en cm (6, 12, 18, 36 y 114 meses de edad); y diámetro a la base del tallo de cada brinzal en centímetros a los 114 meses de edad.

Los resultados muestran que el Pinus arizonica Engelm., en los primeros meses de desarrollo requiere cierta protección de los árboles padres, tanto para reducir su mortalidad como para favorecer su crecimiento en altura y en diámetro. Se concluye que no existe influencia significativa sobre el crecimiento de las plántulas de 6 y 36 meses de edad. Sin embargo, a la edad de 114 meses, se observó una relación directa entre la cobertura de la copa de los árboles padres y el grado de inhibición del crecimiento en altura y diámetro de los brinzales.

1.- INTRODUCCION.

La regeneración de los bosques es uno de los principales objetivos de quienes los cultivan y manejan. Por mucho tiempo, en México, se ha aplicado el Método de Desarrollo Silvícola, basado en el Método de Regeneración de Árboles Padres y una serie de tratamientos o cortas intermedias, los objetivos del método son: obtener una regeneración de buena calidad, y la coetaniedad de los bosques.

El silvicultor debe propiciar las condiciones para que la regeneración se establezca, por lo que tiene que trabajar, principalmente en la definición del número de los árboles padres por hectárea que aseguren el establecimiento de una nueva población, la cual satisfaga los objetivos del manejo forestal. En este sentido se debe tener pleno conocimiento sobre la fenología de la especie a tratar, considerando como factores importantes la cantidad de semilla que produce y la capacidad de dispersión de las mismas, y estudiar todos los factores, tanto físicos como biológicos que influyen directamente en el establecimiento y desarrollo de la nueva masa, tal es el caso de la competencia por luz, agua, y nutrientes, dada por la gran cantidad de árboles existentes en las etapas iniciales de la masa, ocasionando un alto porcentaje de mortalidad, reduciendo la esperanza de vida, y afectando el crecimiento en altura y diámetro. Es evidente que todos los aspectos antes mencionados se ven afectados por los árboles residuales " Padres" , por lo que se debe determinar el periodo para la liberación de la nueva masa.

El presente trabajo tiene como objetivo.

Determinar el efecto de la cobertura de copa de los árboles padres en la mortandad, esperanza de vida, y crecimiento en altura y diámetro de Pinus arizonica Engelm, en el campo experimental "Madera", en el estado de Chihuahua.

2.- MARCO TEORICO.

La Silvicultura es parte de la ciencia dasonómica que trata de la reproducción y establecimiento, control de la composición y el crecimiento, protección y utilización de las masas forestales de tal forma que podamos obtener de ellas beneficios (tanto tangibles como intangibles) como: madera, semillas, resina y otros;regular el caudal de manantiales, la formación de aludes, fijar arenas en movimiento, regular el microclima etc., pudiéndose lograr ésto, siempre y cuando consideremos los principios biológicos y ecológicos que rigen a las comunidades forestales, bajo las consideraciones económicas implícitas y que todas las actividades sean socialmente aceptables (Smith, 1986).

Daniel et al.,(1982) y Smith (1986) mencionan que la silvicultura tiene objetivos particulares con los cuales puede conducir a la masa forestal de " principio a fin " de la mejor manera, estos son:

a.- Control de la regeneración (reproducción y establecimiento). Es el factor más importante, debido a que da continuidad a la producción forestal.

b.- Control de la composición. Las especies dejadas en pie serán las que cumplan los ojetivos del manejo forestal, que puede ser la producción de madera (aserrada o triplay), leña, carbón, resina, etc.

c.- Control de la densidad. El número de árboles dejados por unidad de superficie debe ser el que ofrezca un mayor rendimiento, según los objetivos previamente establecidos.

Se debe tener sumo cuidado en que las áreas forestales tratadas sean debidamente regeneradas, ya sea de manera natural o artificial, pues de ello depende el futuro de las mismas. Se debe buscar el método mas adecuado de regeneración, según la especie para que las fallas se minimicen; en este caso se deben hacer estudios previos con la finalidad de conocer lo mejor posible cada una de las especies. Estudios sobre: producción de conos y semillas, % de semillas viables, tamaño de las semillas, dispersión de las mismas, proporción de plantas posibles de establecerse en relación a las semillas viables, el temperamento de las especies, plagas y enfermedades, entre otros; para poder definir el mejor tratamiento de regeneración, de tal forma que la masa se establezca adecuadamente (Oliver, 1981).

2.1.- Método de regeneración de árboles padres.

El Método de regeneración de árboles padres consiste en la remoción de árboles en una sola corta, excepto un número reducido de árboles semilleros de buena calidad dejados en pie, ya sea distribuidos de manera individual o en pequeños grupos con el objetivo de asegurar el establecimiento de la regeneración natural. El método también recibe el nombre de matarraza con resalvos o porta granos (Samek, 1974 ; Hawley y Smith, 1972; Smith, 1986)

En México este método se empezó a aplicar a partir de 1970, y es la base fundamental del Método de Desarrollo Silvícola. Su aplicación es con el objetivo de hacer la conversión de bosques

irregulares del país, a bosques regulares, mediante la obtención de masas coetáneas. La aplicación de este método, en los bosques mexicanos ha sido factible debido a que la mayoría de sus especies son heliófitas (intolerantes a la sombra). (Rosales, et.al., 1982)

Cabe hacer la aclaración de que este método puede ser aplicado en una mayor superficie, en relación con el método de mata-rroza, debido a que se incrementa la probabilidad de que el área tratada sea regenerada, ya que los árboles portadores de semilla son extraídos una vez que la regeneración se ha establecido en forma satisfactoria, esta extracción debe hacerse con el mayor cuidado posible, para evitar dañar a la regeneración existente (Daniel et al., 1982).

Los árboles padres representan aproximadamente un 10 % del volumen original, estos árboles pueden ser extraídos o en su defecto ser dejados en pie en forma indefinida, en este caso sirven de protección a la presencia de incendios forestales, ya que aportan nuevamente la semilla requerida para una nueva repoblación. Las masas generadas a partir del método de árboles padres son coetáneas o uniformes, auxiliándose para esto de una serie de tratamientos o cortas intermedias a lo largo del turno, hasta regularizar el bosque tratado (Rosales, et. al., 1982) :

El número de árboles padres por superficie debe ser aquel que garantice un suministro adecuado de semillas, para que la futura masa sea lo mas uniforme posible. Como regla general se

recomienda que la distancia entre árboles, sea al menos una vez su altura, sobre todo para especies de semilla liviana. El número de árboles padres varía de 5 a 25 por hectárea, en este caso, cabe destacar que quizás ninguna especie es capaz de cubrir las necesidades de semilla si se dejan por hectárea menos de 5 árboles (Rosales, et. al., 1982).

Hawley y Smith, 1972 definen que el número de árboles dejados en pie depende de los siguientes factores: del número de conos y semillas producidas por árbol; capacidad de dispersión de la semilla (ésta depende del tamaño de la semilla y del tamaño de ala de la misma); viabilidad de la semilla; proporción de semilla por planta lograda; número de plantas que se requieren por unidad de superficie (se recomienda 2,500 árboles por hectárea en los primeros diez años); y porcentaje de los árboles que podrían ser derribados por el viento.

Las principales ventajas del método de árboles padres son: la semilla viene de los mejores árboles (lo cual mejora la masa futura); la distribución de la semilla es mejor, comparada con el método de matarrazas, debido a la ubicación de los árboles padres); se controla mejor la especie a establecer; se puede epliar en grandes extensiones en una sola operación. Las desventajas principales son: mayor riesgo de daños por el viento a los árboles padres; en el caso de un ataque de plagas y enfermedades a los conos y semillas merma su producción; la polinización entre los árboles padres es deficiente, ocasionando en algunos casos endogamia; el impacto ecológico es similar al de matarraza, ya

que altera los nichos de la fauna, provoca erosión al suelo etc.; por producir masas coetáneas, aumenta la susceptibilidad del ataque de plagas y enfermedades; limitado a especies que producen grandes cantidades de semilla cuya dispersión se dá por el viento; limitado a especies intolerantes, debido a que la regeneración se expone totalmente a los factores meteorológicos; no es aplicable a masas con árboles viejos; como en el método de mata-rroza, no es posible corregir errores una vez cometidos (Kellison et al., 1981)

Es indispensable el conocimiento del temperamento de cada especie para poder definir el tratamiento a aplicarse. Por otro lado el conocimiento detallado de la fenología es un factor de preponderancia para poder definir cuando llevar acabo los tratamientos asegurando así la regeneración. (Prieto y Quiñones, 1988; Ortega e Iglesias, 1988).

2.2.- Etapas de la regeneración.

La regeneración natural es el proceso mediante el cual se asegura la persistencia de los bosques. La regeneración puede darse por dos vías diferentes, por semilla (sexual), o en forma vegetativa (brotes, acodos, etc.) (Hawley y Smith, 1972; Smith, 1986)

En una corta de regeneración se da un proceso en el cual una masa existente es sustituida por una nueva, sin embargo es evidente que los bosques, cuando no son alterados por agentes naturales o inducidos, mantienen un equilibrio en sus interrela-

ciones con todos los factores del medio. Por lo tanto cuando se aplica a una corta de árboles padres, las condiciones de equilibrio se modifican drásticamente (Smith, 1986).

Para regenerar un bosque en forma natural, el silvicultor debe cuidar cada etapa del proceso, creando las condiciones apropiadas para cada una (Fierros, 1990).

Daniel, et al., (1982) mencionan que las etapas de la regeneración son las siguientes: producción de semilla, dispersión de semilla, germinación, establecimiento y sobrevivencia, desarrollo inicial.

2.2.1.- Producción de semilla. Este es el factor mas importante para que se de la regeneración natural. Este proceso involucra dos aspectos fundamentales que son la floración y la fructificación. En lo referente a la floración; los primordios florales se forman durante la temporada de crecimiento que precede a la floración, lo anterior depende de la especie y de las condiciones ambientales imperantes (Hocker, 1984).

Despus de la formación de las yemas reproductivas, su ontogenia hasta la formación de semillas maduras y viables depende de la influencia que ejercen sobre ella las características de los árboles, la calidad del sitio, los factores climáticos, la fauna y los insectos y las enfermedades (U.S.D.A. 1948; Smith, 1986).

En lo referente a la fructificación, no se producen cosechas abundantes cada año, sino que existe una producción cíclica

de la misma, sta se da por el aborto anual de yemas reproductivas, lo anterior está bajo la influencia de los factores ambientales y bilógicos. La naturaleza cíclica de la producción de semillas, es una de las características mas importantes en establecimiento de los árboles provenientes de semillas (Spurr y Barnes, 1982).

Con respecto a lo anterior se clasifica la producción de semilla en cuatro categorías, según produzcan semillas en abundancia: anualmente, cada dos a tres años, tres a cinco años, o tres a diez años. En trminos generales las latifoliadas pioneras tienden a ser los únicos en producir cosechas abundantes de semillas anualmente (Musalem, et al., 1985).

La periodicidad de producción de conos y semillas ha recibido mucha atención debido a la importancia para la definición de las cortas de regeneración y poder hacer los planes de colecta del material germoplásmico (Niembro, 1979).

La producción de semillas forestales durante determinados ciclos tiene doble origen. Uno de ellos es inherente a la especie y se presenta cuando la planta ha alcanzado determinados niveles hormonales y nutricionales. La otra es inducida y se hace presente cuando la planta ha sufrido algún daño. En gran medida la periodicidad en la producción de semillas está regulada por las condiciones climáticas, pues se ha visto que los años semilleros se adelantan cuando se han presentado fuertes sequías seguidas de un año lluvioso. La producción de conos de un genotipo en particular está influida por: la edad del árbol, el desarrollo y vigor

de la copa y la clase de árbol según su posición dentro del rodal (Daniel, et al., 1982).

Atendiendo a lo anterior, los árboles padres deben ser elegidos con el mayor cuidado posible, ya que constituyen la fuente de abastecimiento de semilla, que en el mejor de los casos es limitada. Se recomienda seleccionar los árboles padres que se encuentran ocupando el dosel superior o sea los dominantes, ya que se sabe son productores prolíferos de conos y semillas. Sin embargo, una buena producción de semilla siempre estará influenciada por los factores tales como el sitio, el clima, los animales (aves y mamíferos) insectos y enfermedades. (Hawley y Smith, 1972).

Ortega e Iglesias (1988), señalan que el periodo de maduración del cono es similar en Pinus arizonica y P. engelmannii, para el noroeste del estado de Chihuahua, y que es de diez meses, el cual ocurre de mediados de febrero a mediados de diciembre; mientras que para P. durangensis ese periodo es de nueve meses en esa misma región. En las tres especies, el estróbilo alcanza su tamaño definitivo a mediados de agosto. De estos procesos Flores (1969) observó que la maduración del cono para las tres especies ocurre a fines de cada verano; así mismo, señala los ciclos semilleros mas vigorosos y normales son cada cuatro años para P. arizonica y P. engelmannii y de seis años para P. durangensis.

Patiño, et al. (1983), en estudios realizados en Pinus arizonica y P. engelmannii, concluyó que la floración se presenta de marzo a abril y para P. durangensis de abril a mayo.

(Ortega e Iglesias, 1988) exponen, que el ciclo reproductivo para la tres especies mencionadas, desde la floración hasta la dispersión de la semilla, comprende un periodo de dos años aproximadamente.

Para Pinus arizonica, el año de 1983 el cual fue un año semillero, en el estado de Chihuahua, se produjo alrededor de 867 conos por árbol muestreado; P. durangensis y P. engelmannii produjeron 366 y 225 conos por árbol respectivamente en ese mismo año. Los análisis de viabilidad realizados a esa producción, indican un 99% para P. durangensis; 95 y 92% para P. arizonica y P. engelmannii respectivamente; el equivalente de esos porcentajes en número de semillas potencialmente viables por kilogramo fue de, 26,600, 20,500 y 19,700 en ese orden para cada especie. Se determinó que los agentes dañinos de las semillas, tales como: aves, roedores e insectos, fue mínima (Ortega e Iglesias; 1988).

Prez (1988) desarrolló un estudio en el que estimó la producción total de conos de árboles individuales de Pinus montezumae Lamb., en el campo experimental forestal de San Juan Tetla, Puebla. El estudio se realizó en tres tipos de coberturas (cerrada, intermedia y abierta), así como con tres posiciones sociológicas (dominantes, intermedios y suprimidos), y una combinación entre tipo de cobertura y posición sociológica. En este estudio se encontró que los árboles que crecen en la cobertura de dosel media fueron los que produjeron mayor cantidad de conos, en comparación con las coberturas de dosel abierta y cerrada.

2.2.2.- **Dispersión de la semilla.** La dispersión es el proceso de enlace entre la producción de propágulos y el arribo a un sitio. El tipo de dispersión depende del tipo de propágulos (Guevara, 1986; citado por López, 1993)

La dispersión de las semillas está sujeta, principalmente, al tamaño, forma y características de la cubierta de la semilla o a sus estructuras (Granados, 1994). Las semillas son movidas de la planta madre hacia el lugar de la germinación, ya sea por agentes externos o por mtodos originados por la planta misma. Los primeros mueven la semillas a grandes distancias, lo que permite se extiendan y ocupen nuevos territorios (Coner, 1951; citado por Granados, 1994).

Los agentes principales (naturales) de la dispersión son: viento, agua y animales; en segundo lugar están la gravedad local, propulsión mecánica y crecimiento por hijatos; y por otro lado el hombre, con el afán de manejar el recurso que más satisfaga sus nsciedades(Weaver & Clements, 1944; citado por López, 1993). en este caso se describen las tres primeros agentes:

a.- **Viento.** La dispersión por el viento, se llama anemocoria, el viento es el mas activo de todos los agentes dispersores de semillas (Granados, 1994). La dirección y la velocidad de los vientos; el tamaño de la semilla y en general las características aerodinámicas, así como la altura y la posición de los árboles semilleros dentro del área a regenerar, determinan el patrón y la distancia de dispersión (Kozlowski, 1971; McDonald, 1976; McCaughey et al., 1986).

Cuando la dispersión de las semillas se da por el viento es importante considerar la distancia máxima de sta, para poder definir las características específicas de los tratamientos de regeneración. La dispersión generalmente depende del tamaño de las semillas y de las estructuras (alas, pelos, etc.) de la misma, de la altura del árbol, velocidad y dirección del viento, y pendiente del terreno. La distancia de dispersión es de una a cinco veces la altura del árbol (Kozlowski, 1971).

Las semillas de Pinus arizonica Engelm.(especie que nos ocupa), son dispersadas por el viento, aunque por su peso el 75% de ellas no supera los 36 m de distancia (Ronco y Ready, 1983)

b.- Agua. La dispersión por medio del agua es denominada hidrocaria. Muchas semillas son dispersadas por el agua, sobre todo de aquellos árboles pioneros tales como los sauces, alamo, sicomoro y abedules, y en general la semillas de árboles que están cerca de una corriente de agua. En este proceso de diseminación, el agua es un instrumento activo en la dispersión de las semillas de algunas especies, sobre todo de aquellas cuyo peso no es posible que el aire las disperse mas allá del árbol progenitor (Kozlowski, 1971; Hocker, 1984).

c.- Pájaros y roedores. Cuado la dispersión de las semilas se da por animales recibe el nombre de zoocaria. En algunas especies forestales , las semillas son grandes y no cuentan con alas, por lo que su dispersión se lleva a cabo comúnmente por pájaros (semillas de Juniperos, por ejemplo) y roedores (semillas de

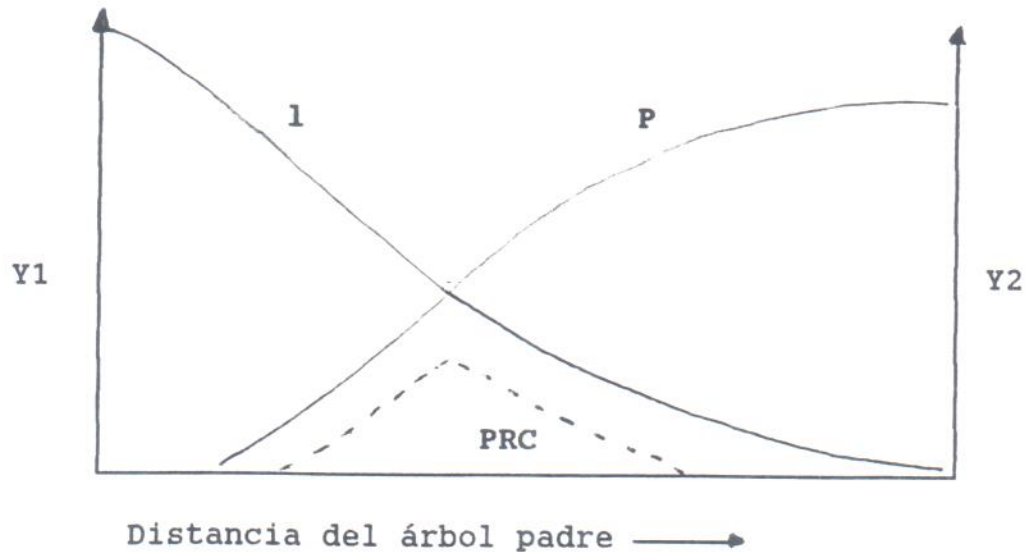
piñoneros, Picea, Quercus, entre otros)(González, 1990; Granados 1994).

Un aspecto importante dentro de la dispersión de las semillas es la sobrevivencia. Se considera que la capacidad de dispersión de las semillas es una adaptación que incrementa la probabilidad de sobrevivencia de la progenie debido a: la posibilidad de escapar de determinados factores de mortalidad; la posibilidad de colonizar hábitats perturbados y la probabilidad de ser llevadas a microhábitats específicos favorables para el establecimiento (Granados, 1994)

Se plantean tres hipótesis que no son excluyentes entre sí: la del escape, la de colonización y la de dispersión. La primera hace nfasis en la importancia de agentes de mortalidad dependientes de la densidad y la distancia; la segunda, plantea heterogeneidad e impredecibilidad del hábitat y la tercera a la nacesidad de asegurar que la descendencia se ubique en sitios específicos con características favorables para el establecimiento (Howe y Smallwood, 1982; citados por Granados, 1994).

El modelo de escape se explica de la siguiente forma : una planta produce semillas cuya densidad en el suelo es reducida monotónicamente al incrementarse la distancia a la planta madre; cuando actúan agentes específicos de mortalidad (patógenos y depredadores), sobre las semillas, cuya respuesta depende de la distancia y densidad, sta da origen a una curva de reclutamiento poblacional en donde el máximo se localiza a cierta distancia de la planta madre y a una distancia mínima en la cual no existe

reclutamiento. Con base en lo anterior, la probabilidad de sobrevivencia tanto de semillas como de plántulas, es una función directa de la distancia al progenitor o adultos de la misma especie y es una función inversa de su propia densidad (Figura 1). En esta curva se muestran lo siguiente; la semilla tienen muy pocas probabilidades de ser dispersada lejos de la planta que la originó (curva 1) y carecerá de oportunidad para convertirse en árbol a no ser que logre llegar más allá de la distancia crítica mínima (curva P). El producto de la curva 1 y P muestra la distancia a la cual habrá mayor probabilidad de desarrollo del nuevo árbol; este lugar es el máximo de la curva de población de retoños (PRC) (Jansen, 1970).



Y1 = N° de semillas por unidad de área.

Y2 = Probabilidad de que la semilla o la plántula madure.

Fig. 1.- Representación de Hipótesis del "escape". Por Jansen, 1970.

2.2.3.- Germinación. La germinación termina cuando las plántulas ya no requieren sustancias seminales de reserva, es decir, cuando se han transformado en plantas autótrofas (Hartmann y Kester, 1989).

La germinación está asociada con el incremento de los ácidos giberélicos (GA), los mismos que actúa sobre los sistemas de enzimas que transforman los nutrientes almacenados a una forma utilizable para el crecimiento del embrión (Kozlowski, 1971)

Los principales procesos involucrados en la germinación son:

- a) imbibición; b) iniciación de la actividad enzimática;
- c) hidrólisis de las sustancias de reserva; d) traslocación de las sustancias de reserva; e) síntesis de nuevas sustancias; f) división celular; g) aumento en tamaño y diferenciación y h) ruptura de la testa y emergencia.

Si la semilla no encuentra una cama de germinación con suficiente humedad, aireación, etc., difícilmente geminará. Por lo que se sugiere que si no existe un medio adecuado se aplique el tratamiento que mas se requiera (Bidwell, 1979; Hartman y Kester, 1989).

Las semillas, para que germinen deben de tener las siguientes características: ser viables; no estar ni en letargo ni en latencia; tener las condiciones ambientales apropiadas (disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones, presencia de luz) (Hartmann y Kester, 1989).

Las semillas que se encuentran sujetas a una cubierta o a un embrión en estado latente no germinarán al principio, sino que

deben permanecer en el sustrato durante un periodo, hasta que las condiciones naturales provoquen la rotura de la cubierta o hasta que el embrión sea capaz de germinar (Harmant y Kester, 1989).

Algunos factores que controlan la germinación son: tamaño de la semilla, en semillas relativamente grandes, las abundantes reservas permiten su germinación y establecimiento en condiciones de poca luz en doseles cerrados (tolerantes a la sombra), mientras que en condiciones de más luz, crecen lentamente; resistencia de la testa, las semillas duras tienen que someterse a escarificación (rompimiento de las testa) y a estratificación (cambios de temperatura) para germinar; la forma y tamaño de las estructuras higroscópicas, son importantes en la germinación de semillas; diferencias en la bioquímica del suelo afectan la germinación (los niveles de nitrato, calcio, etileno, etc.); alelopatía, ciertas comunidades de arbustos inhiben la germinación de sus parientes; el control fisiológico de la germinación está basado en temperatura y humedad con la que está en contacto la semilla; apertura del dosel, con la penetración de luz al piso forestal la germinación se estimula (Guevara, 1986; citado por López 1993).

2.2.3.1.- Factores de la cama semillera que controlan la germinación. Con la producción de semilla no se termina el proceso de reproducción, ya que una semilla que cae de un árbol no se encuentra en condiciones de germinar. De hecho sus expectativas de vida serían pocas si germinara pronto (Hocker 1984).

Cabe mencionar que las condiciones de la cama de germinación o piso forestal no son exclusivas para la germinación, sino que propician las condiciones de desarrollo en general de la regeneración y de la vegetación en general (Hawley Smith, 1982). Los principales factores son: agua (humedad), temperatura y aereación (Colbry et al., 1980; Patiño et al., 1983;

La semilla diseminada en el piso forestal es almacenada en lo que se denomina el banco semillero, durante un periodo corto o prolongado hasta que germine. Algunas semillas llegan al piso forestal en un estado no germinativo o latente y permanecen en esta forma en el banco semillero hasta que las condiciones internas y externas son favorables para germinar (Spurr y Barnes 1982).

Aldrete (1990), señala que el éxito de la germinación de la semilla y la supervivencia de los brinzales depende en gran parte de la naturaleza del lugar en que sean depositadas, el espesor del horizonte orgánico es un factor importante para la germinación y establecimiento de la nueva masa.

Fierros (1990), manifiesta que después de que la semilla llega al suelo, tiene que penetrar la cobertura presente y esperar las condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad para germinar y establecerse como plántula.

La semilla en el piso forestal constituye el banco semillero y dado que las semillas son almacenadas por largos períodos desde su dispersión hasta la germinación, generalmente se ha postulado

que existe una reducción de la viabilidad de la semilla debido a factores ambientales (Musalem, et al., 1985). Sin embargo, en estudios realizados en Pinus montezumae y P. hartwegii, Musalem, (1984) y Velázquez et al., (1986) han demostrado que en estas especies no hay reducción significativa de la viabilidad de la semilla almacenada en el piso forestal desde su dispersión hasta la germinación.

La mejor condición de cama semillera es el suelo mineral suelto con una capa somera de hojarasca que facilite la penetración de agua e impida una excesiva desecación del suelo. Además, la cobertura de hojarasca reduce pérdidas de semilla debido a aves o mamíferos (Schubert, 1974). La presencia de cierta cantidad de hojarasca en el piso forestal sirve como mejorador en la temperatura del suelo, ya que si éste se encuentra totalmente descubierto puede haber variaciones extremas de temperatura, a tal grado que sean letales para la planta del semillero (Pritchett, 1986).

Si no existen las condiciones adecuadas en el piso forestal es necesario aplicar los tratamientos complementarios para favorecer la reproducción (germinación y emergencia) y establecimiento de la nueva masa. Los tratamientos complementarios más comunes son los siguientes: quemas controladas (para reducir la competencia de especies indeseables y aminorar el efecto de plagas y enfermedades), escarificación y deshierbe, principalmente (Spurr y Barnes, 1982).

Noble y Alexander (1977) en un estudio realizado con Engelmann spruce, se concluyó que esta especie responde mejor en cuanto a su germinación en la exposición norte, cuando la cama semillera se prepara dejando al descubierto el suelo mineral y adicionalmente un sombreadero. Asimismo, observaron que la sombra regula la temperatura en el micrositio, reduciendo la evapotranspiración, factores que se conjugan para permitir la germinación y sobrevivencia.

Noble y Alexander (1977) Evaluaron regeneración natural de Picea engelmannii en cortas a matarraza. Se aplicaron los siguientes tratamientos a la cama semillera: escarificación y sombreado; escarificación sin sombreado; sombreado sin escarificación; sin escarificación y sin sombreado.

Las conclusiones básicas de este estudio son: que áreas cortadas a matarraza de 1 a 2 hectáreas de apertura sobre exposiciones norte pueden ser regeneradas con éxito en forma natural a partir de semillas y con la ayuda de tratamientos complementarios, debido a que en tales condiciones, la incidencia de la radiación solar es considerablemente menor; no así en las áreas de regeneración con exposiciones sur ya presentan mayor dificultad para regenerarse a partir de semillas, aún cuando los tratamientos complementarios sean los adecuados.

Mastache y Arteaga (1988), en una evaluación efectuada a la regeneración de Pinus patula, encontraron que en el caso del sitio preparado mediante el cercado, siembra directa y remoción

al suelo se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a la presencia de brinzales, comparado con el tratamiento donde no se preparó el sitio, en el cual la germinación de plántulas fue escasa y la distribución de éstas fué muy irregular.

2.2.4.- Establecimiento y Supervivencia. El establecimiento es, dentro de las etapas simples, la mas crítica en la historia vital de un individuo. En las especies forestales la mayoría de las adaptaciones se realizan para permitir a las especies producir y dispersar las semillas de una manera tal que muchas plantas de semillero tengan mayor probabilidad de sobrevivir. El periodo de establecimiento toma normalmente de 1 a 3 años, o en algunos casos más, dependiendo de las especies y de las condiciones del lugar (Baker, 1923).

Es difícil definir con claridad en que momento puede considerarse que la regeneración se haya establecida, la sola presencia de la especie deseada no significa que esta etapa haya concluido. En cuanto a la evaluación del éxito de la regeneración, se debe tomar en cuenta; que sean individuos sanos, de buena forma y que estén libres de la acción de las malezas y pastos, debe tener un alto potencial de dominancia, que exista un número adecuado de árboles por hectárea y que su distribución sea uniforme (Daniel et al., 1982)

El proceso de regeneración inicia con la producción de miles de semillas y culmina con el establecimiento de unos pocos brinzales capaces de llegar a árboles adultos. Esta es una de las etapas mas críticas de las masas forestales, pues del éxito de

ésta depende el futuro del bosque, en esta etapa se compite por luz, nutrientes, y por espacio con la vegetación herbácea y los brinzales vecinos (Islas, 1987).

Factores del sitio que influyen en el establecimiento de la regeneración natural son: la producción de semillas, dispersión (viento, agua, aves y mamíferos pequeños), luz, temperatura, humedad, nutrientes, factores fisiográficos y edáficos (exposición, pendiente, altitud, profundidad del suelo, horizonte orgánico, pedregosidad), factores bióticos (plagas y enfermedades, depredación, competencia, pastoreo y recolección), entre otros, son determinantes en la germinación, establecimiento y crecimiento de las plantas. El conocimiento de los factores mencionados permitirá tomar medidas para reducir en lo posible la mortandad, y así tener los mejores resultados en la nueva población (McDonald, 1976; McCaughey et al., 1986;).

La humedad atmosférica y movimiento del aire constituyen en conjunto un importante componente del microambiente, manifiesta que la cantidad relativa de agua presente en la capa adyacente al piso es un importante factor microclimático de los lugares en que las semillas germinaran y las plantas se establecerán. Aunque la velocidad del viento decrece dentro de los rodales, y es casi inapreciable a nivel del suelo, su efecto desecante en áreas forestales es un hecho conocido (Reifsnyder, 1955; Heiligmann y Schneider, 1974; citados por Fierros, 1990).

Otro factor importante dentro del microambiente es la temperatura, la cual a medida que se modifica la estructura arbórea

cambia por efecto de corrientes de aire. En relación a este factor, (Stocker, 1960; Kozlowski y Keller, 1966) indican que los intervalos óptimos de temperatura para las especies de clima templado y frío varían entre los 18 y 25C°. En este mismo sentido Spurr y Barnes, (1982) señalan que algunos árboles de la zonas templadas tienden a la inactividad a medida que la duración del día se reduce y las temperaturas descienden. Al establecerse el estado latente en el árbol, el contenido de agua del protoplasma comienza a reducirse; aun muchas especies son capaces de sobrevivir a temperaturas de congelamiento sin daño alguno.

El factor luz, es sin duda otro de los factores de suma importancia en el establecimiento de la regeneración, al respecto, en estudio realizado en Abies religiosa se determinó que la luz debe estar regulada por la cobertura, ya que una alta intensidad de la misma pone en peligro la germinación y el establecimiento de la regeneración (Manzanilla, 1974)

Mas y González (1990) en una evaluación efectuada a la regeneración de Pinus herrerae y P. michoacana, con diferentes tratamientos a la vegetación encontró que los mejores resultados en cuanto a presencia de regeneración, fue en aquellos sitios donde se aplicó el tratamiento de árboles padres (penetra más la luz), en cambio en cortas sucesivas la regeneración fue escasa, debido al carácter intolerante de las especies.

El factor suelo se modifica notablemente con el manejo a la vegetación, debido a que todos los factores ambientales inciden en él, al hacer una corta severa la temperatura del suelo aumenta

considerablemente, alterando la biota del mismo, a la vez la humedad de éste se ve reducida tanto por la incidencia de los vientos como por la radiación solar, lo anterior trae como consecuencia una fuerte reducción en la fertilidad del suelo, aunado al efecto de la erosión y lixiviación del mismo (Hawley y Smith, 1972).

En estudios realizados en la regeneración natural de P. montezumae en Tulancingo, Hidalgo, en áreas tratadas con el método de árboles padres se determinó que dentro de las características fisiográficas y edáficas en los micrositios evaluados, las variables exposición y espesor del horizonte orgánico resultaron ser los factores mas importantes para el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural, de la especie en estudio. Por otro lado se determinó que la pendiente y pedregosidad resultaron altamente correlacionadas y en forma negativa con el número de individuos que se establecieron en cada micrositio, es decir, a mayores pendientes y pedregosidad la densidad de la regeneración disminuyó (Aldrete, 1990).

2.2.5.- Desarrollo de la Regeneración. El desarrollo de la regeneración está determinada por las condiciones del medio y la densidad de la nueva población. En condiciones favorables del medio las especies arbóreas presentan un rápido crecimiento en la etapa juvenil, el mismo que puede detenerse por la competencia, y recuperarse un poco después por los tratamientos intermedios que se demanden. Cada especie presenta crecimientos propios, por lo general las especies tolerantes presentan mayor crecimiento en

sus etapas iniciales que las intolerantes (Amo, 1985; Alvarez y Varona, 1990).

Para el silvicultor, por lo regular, tienen importancia las tasas relativas a las que los árboles incrementan su altura; la cual es aún mayor durante el estado de plántula, puesto que los individuos que crecen con mayor rapidez estarán muy pronto mas allá de la zona de influencia de las malezas y las enfermedades fungosas. Las condiciones de crecimiento pueden mejorar sustancialmente mediante el control del espaciamiento y de la sombra producida por árboles del estrato superior o bien considerando las relaciones hídricas para incrementar la formación de unidades de crecimiento y su elongación subsecuente (Daniel, et al., 1982).

Estudios realizados en Pinus ponderosa muestran la influencia de la cobertura aérea en el crecimiento en altura. en este caso, los menores crecimientos en ese parámetro se tuvieron en los rodales tratados mediante el método de corta de selección individual, en cambio a medida que se abre el dosel, esta especie responde mejor en cuanto al crecimiento en altura; sin embargo, en sus primeras etapas de desarrollo requiere de cierta protección. De acuerdo con los resultados anteriores , se puede señalar que el crecimiento en altura de los brinzales está íntimamente relacionado con el grado de tolerancia de la especie, mencionan que la tolerancia relativa de una especie está relacionada con su capacidad para mantener un nivel de fotosíntesis suficiente para sustentar el crecimiento, cuando la luz en particular, y el agua,

en cierta medida, se encuentran en sus niveles mínimos o muy cerca de éstos. Así, la acción de la luz y el agua deben ser considerados conjuntamente, en relación al crecimiento de los brinzales (McDonald, 1976).

Para algunas especies alrededor del 90% del crecimiento en altura ocurre durante un periodo de seis a nueve semanas; gran parte de ese crecimiento depende del número de unidades de crecimiento del tallo. Este crecimiento está altamente correlacionado con las condiciones ambientales del año anterior. Las condiciones del verano y del otoño del año en curso afectaran el almacenamiento de carbohidratos, la formación de primordios y el crecimiento del año siguiente (Hawley and Smith 1972).

McDonald (1976) expone una comparación en cuanto a la respuesta de cinco especies de coníferas, tres especies de latifoliadas y dos especies de arbustos altamente competitivos, dentro de cinco métodos de regeneración distintos, aplicados en una misma área, sobre un sitio con crecimiento potencial similar. Las especies comparadas en este trabajo fueron:

Pinus ponderosa, Pseudotsuga menziesii, Pinus lambertiana, Abies concolor, Libocedrus decurrens, Quercus kelloggii, Lithocarpus densiflorus, Arbutus menziesii, Arctostaphylos viscida y Ceanothus integerrimus.

Los métodos de corta aplicados en el estudio fueron: selección de árboles individuales, selección en grupos, cortas de protección, árboles padres y matarraza. A los nueve años se evaluó la regeneración. Las variables, que se consideraron fueron

las siguientes: número de plántulas; densidad y crecimiento en altura. La altura de los brinzales de todas las especies, se incrementó conforme aumentó la intensidad de las cortas de regeneración.

Estudios realizados en Pinus montezumae y P. hartwegii, mostraron que la regeneración natural se ve afectada por diferentes factores adversos que impiden el establecimiento de la misma; los cuales pueden ser reducidos al tratar la cama semillera, logrando así un mayor porcentaje de establecimiento de plántulas (Musalem, 1984; Velásquez, 1984; Velásquez et al., 1986).

Mora y Rodríguez (1988) trabajando con estructuras poblacionales de regeneración natural de Pinus montezumae (en áreas tratadas con el método de árboles padres) en Tulancingo, Hidalgo, México, concluyeron que la estructura poblacional de la regeneración está constituida por dos clases de alturas y dos densidades de población. El primer estrato lo constituyen 9642 individuos por hectárea con alturas promedio de 0.35 m; y el segundo, por 3571 individuos por hectárea con altura de 0.78 m en promedio. En base a los resultados obtenidos, concluyen que la masa es coetánea para cada uno de los estratos diferenciados, además de cubrir una superficie del 64 %.

Rodríguez y García (1989) al evaluar la estructura y desarrollo de la regeneración natural de Pinus douglasiana, utilizando un tipo de muestreo completamente al azar, en áreas tratadas con el método de árboles padres, definieron que la regeneración es dos veces el número aceptado como mínimo para considerar

el rodal debidamente regenerado, definiendo que el tratamiento cumplió con su objetivo. En cuanto a los patrones de distribución la nueva masa tiende a ser homogénea y coetánea. Definen que el crecimiento en altura presenta un comportamiento definido en cuanto a su tendencia creciente, y que el crecimiento en diámetro de la base del fuste presenta una tendencia errática, no definiendo un patrón adecuado de su desarrollo.

Chacón y Cordoba (1986) al evaluar la regeneración de Pinus arizonica, en Madera, Chihuahua por un periodo de 5 años 1980-1985 concluyeron que esta especie presenta una gran capacidad de regeneración natural y que se incrementa satisfactoriamente. Determinaron que existe una relación significativa entre el desarrollo y los factores climáticos (precipitación y temperatura).

2.3.- Factores que ocasionan mortalidad en la regeneración. Existen muchos factores que determinan la mortandad de los árboles, incluyendo la competencia, senectud, plagas, enfermedades y clima (Islas, 1987).

La densidad es uno de los principales factores que regulan el crecimiento de las poblaciones. Cuando la densidad de población aumenta, la mortalidad afecta una porción cada vez mayor de la población. Esto se debe a que los individuos están en constante competencia por la luz, nutrientes y agua. Dada esta situación, algunos árboles tienden a ser suprimidos. Frecuentemente, el individuo primero disminuirá su crecimiento perdiendo su posición en la masa y luego morirá. Después de la germinación las

plantas jóvenes pasan a través de una etapa succulenta durante las primeras semanas de vida. En estos momentos los tejidos son blandos y altamente susceptibles a las infecciones micóticas, daño por animales y deshidratación (Spurr y Barnes 1982).

Las sequías prolongadas pueden llegar a causar la muerte de un gran número de árboles; otro factor son los incendios ya que posiblemente sea el mayor causante de la muerte de un gran número de individuos (Islas, 1987).

La tolerancia está asociada principalmente con la supervivencia en el sotobosque. Los árboles que se encuentran en el nivel de la masa arbórea también tienen un periodo vital más o menos limitado. Las causas de la muerte de los árboles suprimidos es muy similar a la de los renuevos que son intolerantes en el bosque (Hawley and Smith, 1972).

Estudios realizados sobre el comportamiento de Abies religiosa, en relación a la regeneración bajo diferentes aperturas de dosel, indican que los factores que más mortalidad de plántulas causaron fueron: alta insolación y bajas temperaturas en condiciones abiertas (Musalem, et al., 1985).

Los árboles pierden agua durante los días claros y cálidos, y no pueden aprovisionarse de nuevo porque el agua del suelo está congelada. Las bajas temperaturas pueden causar un daño considerable a los árboles jóvenes, particularmente en la primavera cuando ha iniciado el nuevo crecimiento (Hocker, 1984)

Ghent et al., (1957), evaluaron la regeneración de Picea, en relación el ataque del barrenador de yemas. Se concluye que la regeneración localizada en sitios de mala calidad es mas susceptible al ataque del barrenador de yemas.

Las principales causas de muerte de Pinus arizonica son enfermedades, insectos, fuego, derribos por el viento, y los rayos. De las diferentes plagas que atacan a esta especie destaca el Dendroctonus ponderosae Hopkins. Cabe mencionar que entre las enfermedades mas importantes se encuentran varias especies del muérdago (Arcethobium ssp) (Ronco y Ready, 1983).

2.4.- Modelos de Regeneración y Mortalidad.

a.- Regeneración. Uno de los aspectos importantes para modelar la regeneración es la densidad, la cual se obtiene contando el número de brinzales que hay en sitios de dimensiones fijas, los que posteriormente son referidos a la unidad de superficie. Se ha utilizado la metodología para estimar densidad en especies herbáceas, basada en las distancias que existen de un punto a los individuos de interés. La ventaja de este método es que requieren menos tiempo, equipo y personal para la toma de datos, y es más flexible puesto que no se necesita ajustar el tamaño de la unidad muestral a las condiciones particulares de la vegetación (Matteucci y Colma, 1982).

Basado en la metodología anterior Islas (1987) diseñó un Modelo de Regeneración para Pinus arizonica, en un bosque que ha

sido manejado durante un periodo considerable (ejidos Retiro y Gumeachi, en la sierra Tarahumara, Chihuahua) con la finalidad de estimar la esperanza de vida del renuevo en cualquier edad. Las variables área basal y la pendiente del sitio fueron las que dieron mejores ajustes individuales por lo que el modelo se formó con ellas, además se consideraron las variables tangente por el coseno del azimut y microtopografía del sitio, de tal forma que el modelo se presentó como:

$$\begin{aligned} \text{DISTANCIA R} = & -0.047007 + 0.01511 \text{ AB}^2 + 0.227216 \text{ PENDIENTE} \\ & + 8.67727 \tan \text{ PENDIENTE } (\cos \text{ AZIMUT}) \\ & + 3.175519 \text{ MICROTOPOGRAFIA.} \end{aligned}$$

Con un $R^2 = 0.73$

Donde:

DISTANCIA R = Distancia al árbol de regeneración.

AB = Area basal m²/ha.

PENDIENTE = Pendiente del sitio %.

AZIMUT = Azimut.

MICROTOPOGRAFIA = Microtopografía del sitio.

Los resultados obtenidos en el modelo indican que Pinus arizonica Engelm. no tiene problemas para su regeneración. Es decir la especie puede ser regenerada con silvicultura de tipo coetáneo, debido que al reducir la densidad del arbolado la densidad de la regeneración es alta. En cuanto a la pendiente se refiere, la exposición sur es la más favorable para el establecimiento de la regeneración, lo que indica que es una especie que prefiere condiciones soleadas para su establecimiento.

b.- Mortalidad.- Para modelar la mortalidad de la regeneración de Pinus arizonica Engelm. Islas (1987), consideró la metodología utilizada por Matteuci y Colma (1982), que es el método del individuo más cercano, que consiste en ubicar un punto al azar y medir la distancia al individuo muerto más cercano, considerando únicamente árboles que estuvieran lo suficientemente cerca para haber estado en competencia. El modelo que propuso es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{DISTANCIA M} = & 3.85 \text{ EXP}(0.85 \text{ Ln DIAMUERTO} + 0.19 \text{ AB} \\ & + 0.36 \text{ ABAC} + 0.02 \text{ PENDIENTE}. \end{aligned}$$

Donde:

DISTANCIA M = Distancia del árbol muerto más cercano (m).

DIAMUERTO = Diámetro normal del árbol de interés (cm).

AB = Area basal del rodal (m²/ha).

ABAC = Area basal acumulativa del árbol muerto (m²/ha).

PENDIENTE = Pendiente del sitio (%).

EXP = Base de los logaritmos naturales.

Ln = Logaritmo natural.

Se concluye que es necesario seguir alimentando el modelo para mejorar la predicción.

2.5.- Sobrevivencia y Mortalidad.

Para el conocimiento tanto de la sobrevivencia y mortalidad de una población es importante auxiliarse de los cuadros estadísticos de esperanza de vida, que son un resumen de la mortalidad de una población, por edades. A continuación se describen sus componentes (Connell, 1970):

x = intervalo de edad.

n_x = número de sobrevivientes al inicio del intervalo de edad x .

l_x = proporción de organismos que sobreviven al inicio del intervalo x .

dx = número de individuos que mueren durante el intervalo x a $x + 1$.

q_x = índice de mortalidad durante el intervalo x a $x + 1$.

e_x = esperanza promedio de vida para los organismos que están vivos al comienzo del periodo de edad x .

Atendiendo a las características de las poblaciones (Pearl, 1928) identificó tres tipos generales de curvas de sobrevivencia (Figura 2), las curvas de tipo I corresponden a poblaciones con pocas muertes a lo largo de la mayor parte del promedio de vida y después muertes numerosas de los organismos de edad avanzada. La curva de sobrevivencia diagonal (tipo II) entraña un índice constante de mortalidad, independientemente de la edad, mientras que las curvas tipo III indican muertes numerosas en los comienzos del ciclo vital, seguidas de muertes menos abundantes y relativamente constantes.

Es de suma importancia el conocimiento del tipo de curva de sobrevivencia de la regeneración, para el planteamiento específico de estrategias de cuidado y cultivo de la misma.

Log. del número de sobrevivientes.

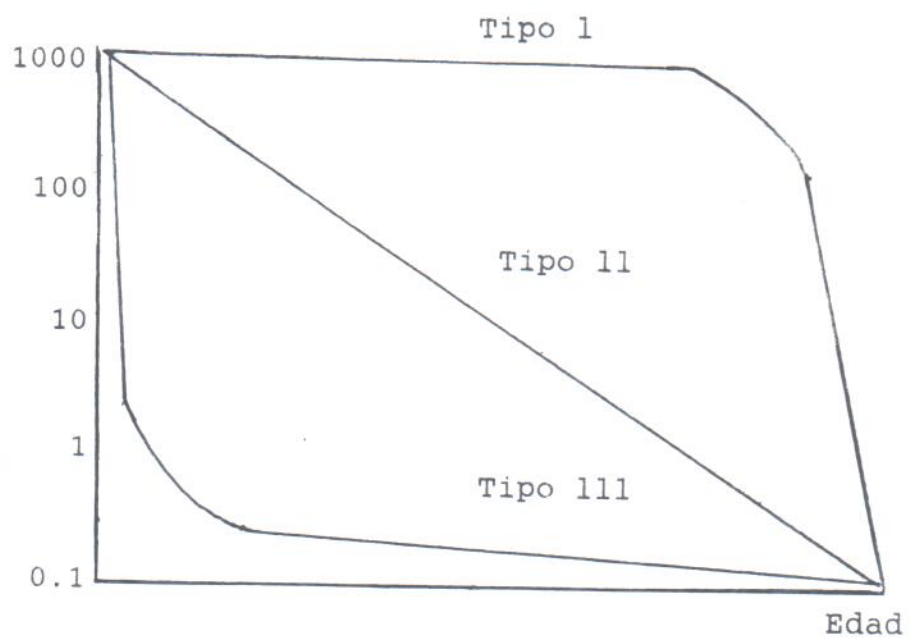


Fig. 2.- Curvas de sobrevivencia según Pearl, 1928.

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Descripción de la especie en estudio.

El Pinus arizonica Engelm. ha sido considerado como una variedad del Pinus ponderosa Laws. por Shaw (1914) y Little (1953), sin embargo Martínez (1948) y Mirov (1967) lo identifican como una especie independiente, sin negar su afinidad con el Pinus ponderosa.

Pinus arizonica Engelm. es por su distribución una de las principales especies del norte de México, se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Durango y Nuevo León, además del SE de Arizona y SE de Nuevo México, E.U.

Arbol de 25 a 30 mts, con fuste fuerte y recto de un metro o más de diámetro; corteza moreno oscura en los árboles jóvenes y muy oscura después, profundamente hendida, dividida en placas grandes y desiguales, con escamas de color canelo rojizo claro; mide de 3 a 5 cm de espesor. Ramas gruesas y extendidas y copa redondeada o algo piramidal; ramillas ásperas y fuertes, moreno anaranjadas, un poco glaucas en sus partes tiernas, tornándose después moreno grisáceas; las bases de las brácteas cortas, apretadas, contiguas y subcordiformes. Hojas en grupos de 3, muy rara vez 4 o 5 en algunos fascículos de 12.5 a 17.5 cm de largo a veces hasta 19.5, aglomerados en la extremidad de las ramillas. Vainas anilladas de 15 a 20 mm, de color castaño claro. Tienen pedúnculos fuertes, de unos 10 mm, ocultos en las escamas basales y permanecen en las ramillas cuando el cono se desprende. Las

escamas son fuertes y duras, de 25 a 30 mm de largo, por 12 a 15 de ancho. La semilla mide unos 6 o 7 mm, es hinchada, casi oval. La madera es blanda, débil, algo quebradiza, de textura fina (Martínez, 1948).

3.2.- Descripción del área de estudio.

Localización.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro del Area Experimental Forestal de Madera en la Sierra Madre Occidental en la región Noroeste del Estado de Chihuahua, dentro del Municipio de Madera, a 12 km. al Suroeste de la población del mismo nombre. Dentro de la jurisdicción de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal no 2, dentro de la ampliación del Ejido "El Largo" (Figura 3).



Fig. 3.- Ubicación geográfica del Area Experimental Forestal "Madera", en el estado de Chihuahua.

Clima.

El clima de esta región es C(w1)(b1)(e), que corresponde al grupo de climas templados subhúmedos, con temperatura media del mes más frío de -3 a 18°C , y la del mes más caliente mayor de 6.5°C , con una diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente de 7 a 14°C , con régimen de lluvias en verano (julio-agosto). Precipitación total anual de $500-700$ mm. En base al sistema de clasificación de Keppen, modificado por García (1973) (citado por Narváez, 1990).

Topografía.

El sitio experimental tiene una exposición zenital por lo tanto la topografía es uniforme con pendientes que van de 0 a 5% de pendiente. En cuanto a altitud, el área donde se encuentra el sitio experimental es de 2540 msnm., (Figura 4), Narváez 1990).

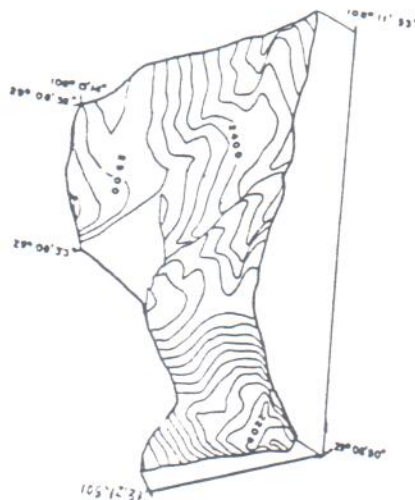


Fig. 4.- Topografía del Area Experimental Forestal "Madera", en el estado de Chihuahua.

Vegetación.

En esta área, de bosque de pino, está representada por los siguientes estratos:

El estrato herbáceo presente corresponde a plantas anuales que se regeneran cuando se presentan las lluvias de verano terminando su ciclo a mediados de otoño. Entre las especies que más se presentan están la "hierba loca" (Lupinus sp.) y la zarzaparrilla (Pteridium aquilinum). El estrato arbustivo está formado por las siguientes especies, que son las más comunes, madroño (Arbutus glandulosa), manzanilla (Artostaphylos pungens) y junco (Ceanothus sp.). El estrato arbóreo está constituido por pino (Pinus arizonica)

Suelos.

Los suelos del sitio en estudio presenta una coloración rojiza, son ricos en materia orgánica, contienen un porcentaje de carbonato de calcio (CaCO_3) que varía de 0.42 a 3.57 mg. y son extremadamente ricos en nitrógeno; poseen un PH que varía de 5.76 a 6.21, por lo que se consideran suelos ácidos. (Chacón, 1983).

3.3.- Metodología del trabajo.

3.3.1.- Características del Lote Experimental. En 1979 se estableció un experimento sobre cortas de regeneración mediante árboles padres en Pinus arizonica, cuyo objetivo fue evaluar la presencia de plántulas de esta especie producto de diferente

número de árboles portasemillas por unidad de superficie. El año de establecimiento del lote experimental coincidió con un año semillero; por lo que la germinación de la nueva cobertura de plantas se presentó en julio de 1980. El lote contiene 15 unidades experimentales, cuyas dimensiones son de 50 por 50 m., con una superficie de 3.75 ha. (Figura 5)

3.3.2.- Diseño experimental. Para la presente investigación se utilizó el mismo diseño experimental de bloques al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consisten en el área de copa de los árboles semilleros, de cada parcela (Cuadro 1).

La distribución de los sitios de muestreo dentro de cada parcela quedaron establecidos de forma permanente, estos presentan una superficie de 100 m², en forma circular (Figura 6)

BLOQUES	1	11	111
T	C	B	B
R			
A			
T	E	A	D
M			
I			
E	D	D	C
N			
T			
O	A	E	E
S			
	B	C	A

Fig. 5

	1	11	111
	* * * C *	* * * B *	* * * B *
	* * * E *	* * * A *	* * * D *
	* * * D *	* * * D *	* * * C *
	* * * A *	* * * E *	* * * E *
	* * * B *	* * * C *	* * * A *

Fig. 6

Figs. 5 y 6.- Diseño experimental y distribución de los sitios de muestreo sobre cada parcela del lote experimental, respectivamente, para la evaluación de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., en el Area Experimental Forestal " Madera".

Cuadro 1.- Area de copa de los árboles semilleros, por tratamiento.

Tratamiento	Area de copa m ²	Nº de árboles
A	64.50	1
B	119.50	2
C	204.00	3
D	233.00	4
E	345.00	5

3.3.3.- Levantamiento de la información de campo.

Los primeros datos tomados a las plántulas del semillero se iniciaron en noviembre de 1980; en esta ocasión se cuantificaron todas las plántulas contenidas en cada sitio midiéndoles la altura total a cada una de ellas. Las siguientes mediciones se efectuaron en mayo de 1981, noviembre de 1981, mayo de 1983 y la última en mayo de 1989. Es importante destacar la edad a la cual fue liberada la nueva estructura de arbolitos; esta actividad, se realizó a los 36 meses de edad de la regeneración (1983).

En el caso de la última observación efectuada en 1989, se considero el diámetro a la base del tallo de los brinzales. Los parámetros obtenidos con la toma de datos en el muestreo fueron los siguientes:

Mediciones en cuanto a número de individuos se contabilizaron a los 6, 12, 18, 36 y 114 meses.

Mediciones de altura en cm. a los 6, 36 y 114 meses.

Mediciones de diámetro a la base a los 114 meses.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION.

Sobrevivencia y Mortalidad.

En relación al factor mortalidad, presentado en la regeneración natural de Pinus arizonica, los resultados dados por la prueba de Tukey, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo numéricamente se observan diferencias entre los porcentajes de plántulas muertas por tratamiento y edad, en función del número de plántulas registradas en la primera observación (1980), se muestra el cálculo de la mortalidad, y el resumen de la misma, en el Cuadro 2 y Cuadro 3, respectivamente.

A la edad de seis meses los tratamientos que mayor mortalidad presentaron fueron el A, B, y C con 59, 68 y 42 % respectivamente; en cambio los tratamientos con mayor cobertura arborea la mortalidad disminuyó notablemente, así se tiene 28 y 16 %, para los tratamientos D y E respectivamente.

la mortalidad disminuyó notablemente, así se tiene 28 y 16 %, para los tratamientos D y E respectivamente.

Cuadro 2.- Cálculo del % de mortalidad para 6, 12 18 36 y 114 meses, de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

6 MESES					12 MESES				
TRA.	MUER.	VIVOS	TOTAL	% MOR.	TRA.	MUER.	VIVOS	TOTAL	% MOR.
A	1944	1350	3294	59	A	324	1026	1350	24
B	1819	855	2674	68	B	129	726	855	15
C	1127	1554	2681	42	C	265	1289	1554	17
D	644	1653	2297	28	D	315	1338	1653	19
E	352	1845	2197	16	E	406	1439	1845	22

18 MESES					36 MESES				
TRA.	MUER.	VIVOS	TOTAL	% MOR.	TRA.	MUER.	VIVOS	TOTAL	% MOR.
A	226	800	1026	22	A	416	384	800	52
B	225	471	726	35	B	137	334	471	29
C	413	876	1289	32	C	176	700	876	20
D	348	990	1338	26	D	218	772	990	22
E	360	1076	1439	25	E	745	334	1079	69

114 MESES				
TRA.	MUER.	VIVOS	TOTAL	% MOR.
A	192	192	384	50
B	244	90	334	73
C	294	406	700	42
D	394	378	772	51
E	291	43	334	87

Cuadro 3.- Mortalidad de regeneración de Pinus arizonica por tratamiento a la edad de 6, 12, 18 36 y 114 meses.

Trata- miento	Cobertura de copa	No. de árboles padres	No. de plantulas germinadas (1980)	Edad meses				
				6	12	18	36	114
				% de Mortalidad.				
A	64.50	1	3294	59	24	22	52	50
B	119.50	2	2674	68	15	35	29	73
C	204.00	3	2681	42	17	32	20	42
D	233.00	4	2297	28	19	26	22	51
E	345.00	5	2197	16	22	25	69	87

Los resultados del (Cuadro 3 y Figura 7) nos indican que en los primeros 6 meses la mayor mortalidad se presenta en los tratamientos con menor cobertura. A la edad de 36 meses la mayor mortalidad se presenta con los tratamientos A y E (mayor y menor cobertura), y los tratamientos C y D (cobertura intermedia), son con los que la mortalidad es menor, situación que se observa desde los 36 a los 114 meses de edad; es importante destacar por los resultados obtenidos, que las plántulas requieren de cierta protección los árboles padres, por lo menos en cuanto a la reducción de la mortalidad.

La regeneración de Pinus arizonica ha superado los principales problemas en su proceso de reproducción. Sin embargo, la mortalidad que aún se sigue presentando es posible que se deba a: competencia por luz y nutrientes entre la misma especie; por plagas y enfermedades, etc. (no se evaluaron), si así es, el problema que aparentemente se tiene es de cultivo silvícola que propicie las condiciones adecuadas de espacio de crecimiento y mejore las condiciones fitosanitarias.

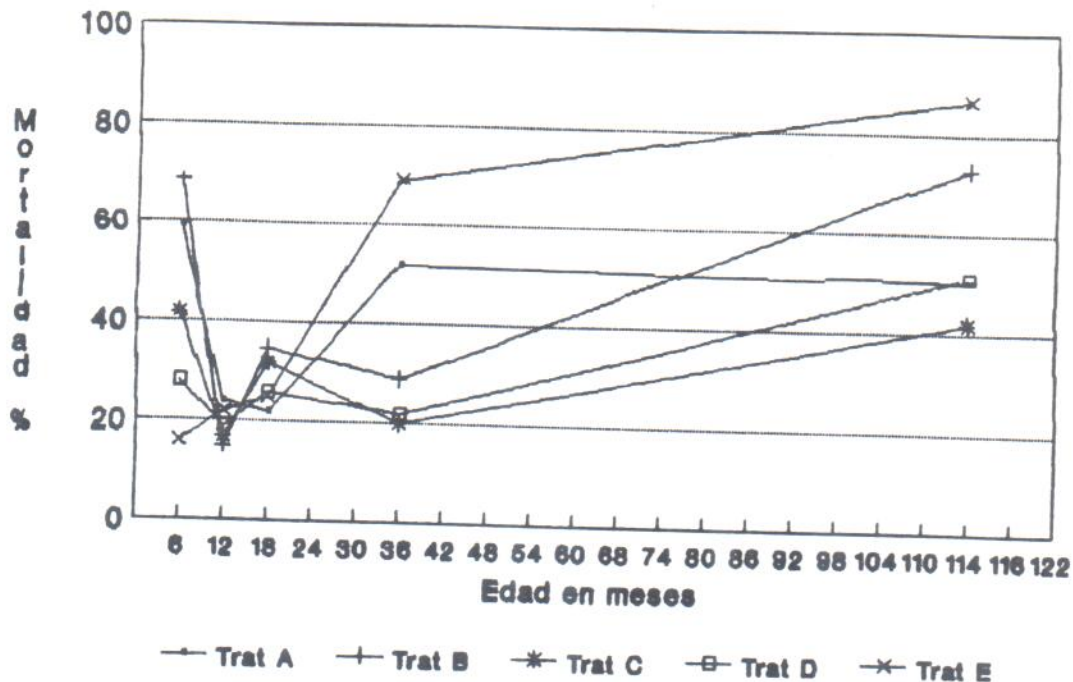


Fig. 7.- Representación de la mortalidad por edad, por tratamiento de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

Se calculó un modelo de mortalidad para toda la población en estudio debido a que las parcelas, al ser pequeñas tienen gran influencia de factores como semillación y sombreado o protección, tanto del área arbolada periférica como entre tratamientos por no existir una barrera de bosque natural entre unidades experimentales; lo que también invalida el empleo de bloques al azar. Este modelo es de suma importancia, ya que ayuda a la predicción de la mortalidad de la población. Para su cálculo se corrió un modelo no lineal con el método Gauss-Newton. En el (Cuadro 4) se muestra el análisis correspondiente, para la obtención de los parámetros. En la (Figura 8) se muestra la tendencia de la sobrevivencia (curva de sobrevivencia lll, que indica que las muertes numerosas

en los comienzos del ciclo vital, seguidas de un periodo de muertes menos abundantes y relativamente constantes, Pearl, 1928), y mortalidad de toda la población através del tiempo.

Basado en este modelo se dedujo tambien el modelo de sobrevivencia, y se calculó la sobrevivencia de la población (Cuadro 5).

Cuadro 4.- Análisis de varianza, para el cálculo de los Parámetros B0 y B1, para el modelo de Mortalidad de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

F.V.	GL	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	
Regresión	2	1.6442968837	0.8221484419	
Residual	4	0.0020911163	0.0005227791	
Uncorrected Total	6	1.6463880000		
(Corrected Total)	5	0.5283713333		

Parámetro	Estimación	Asintótica Error Estandar	Asintótica 95 % Intervalo de Confianza	
			Bajo	Alto
B0	1.006296053	0.02272105051	0.94321315746	1.0693789493
B1	0.117484658	0.00649507593	0.09945168028	0.1355176358

Modelo de Mortalidad de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

$$\% \text{ Mortalidad} = (1 - 1/(B_0 + B_1 \text{ EDAD})) \times 100$$

$$\text{Donde: } B_0 = 1.00629 \quad B_1 = 0.11748$$

$$\% \text{ De Sobrevivencia} = 1 / (B_0 + B_1 \text{ EDAD})$$

Cuadro 5.- Sobrevivencia y Mortalidad de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

Log nx	Edad Meses	Mortali- % dad	Sobrevi- % vencia.
4.118	0	0.000	1.000
3.860	6	0.448	0.552
3.764	12	0.558	0.442
3.624	18	0.680	0.320
3.400	36	0.808	0.192
3.040	114	0.916	0.084

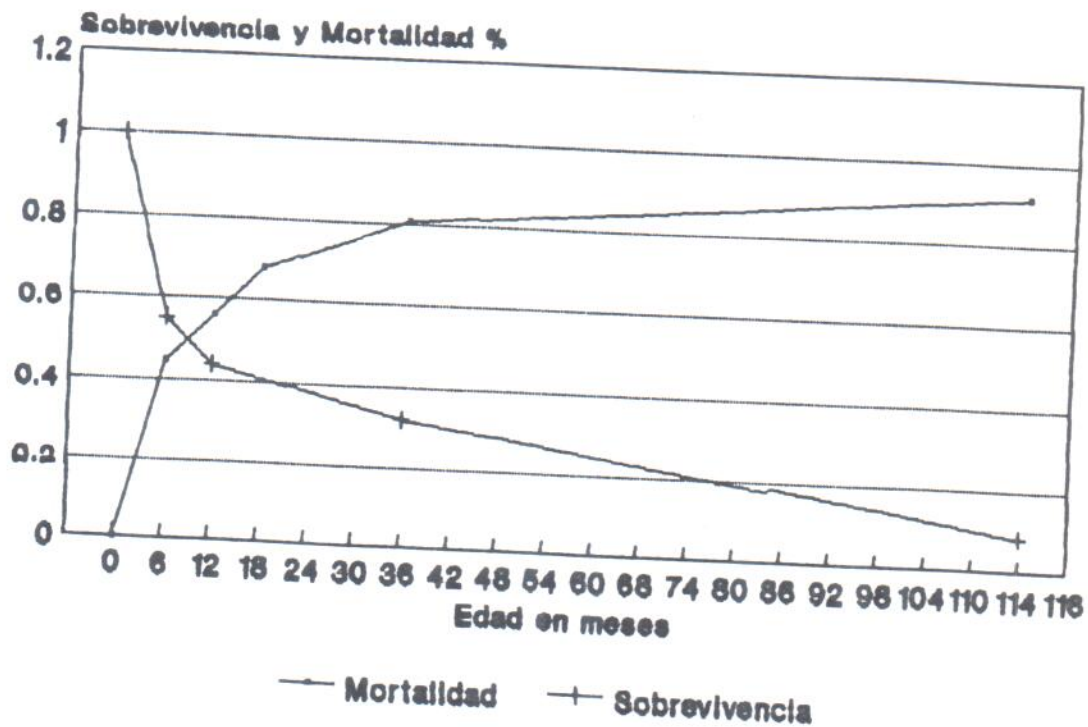


Fig. 8.- Sobrevivencia y Mortalidad de la regeneración de -- Pinus arizonica Engelm.

Debido al efecto de los diferentes factores que influyen en la regeneración de la especie en estudio, mencionados anteriomente, con el cálculo de la esperanza de vida con lo que se logró rescatar las diferencias entre tratamientos (Cuadros 6, 7, 8, 9, 10) y en el (Cuadro 11), se expresan las esperanzas de vida de todos los tratamientos.

Cuadro 6.- Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., para el tratamiento A.

EDAD EN MESES x	Nº DE PLANTAS VIVAS n_x	PROPORCION DE SOBREVIVIENTES AL INICIO DEL INTERVALO DE EDAD x l_x	NUMERO DE INDIVIDUOS MUERTOS EN EL INTERVALO x a $x + 1$ d_x	INDICE DE MORTALIDAD q_x	ESPERANZA MEDIA DE VIDA AL INICIO DEL INTERVALO e_x
0	3294	1.000	1944	0.590	1.639
6	1350	0.409	324	0.240	2.279
12	1026	0.311	226	0.220	1.841
18	800	0.246	416	0.520	1.220
36	384	0.116	189	0.490	1.000
114	192	0.050	—	—	—

Cuadro 7.- Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., para el tratamiento B.

EDAD EN MESES x	Nº DE PLANTAS VIVAS n_x	PROPORCION DE SOBREVIVIENTES AL INICIO DEL INTERVALO DE EDAD x l_x	NUMERO DE INDIVIDUOS MUERTOS EN EL INTERVALO x a $x + 1$ d_x	INDICE DE MORTALIDAD q_x	ESPERANZA MEDIA DE VIDA AL INICIO DEL INTERVALO e_x
0	2674	1.000	1819	0.680	1.426
6	855	0.319	129	0.150	2.395
12	726	0.271	255	0.351	1.732
18	471	0.176	137	0.290	1.400
36	334	0.124	241	0.721	0.769
114	90	0.033	—	—	—

Cuadro 8.- Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., para el tratamiento C.

EDAD EN MESES x	Nº DE PLANTAS VIVAS nx	PROPORCION DE SOBREVIVIENTES AL INICIO DEL INTERVALO DE EDAD x lx	NUMERO DE INDIVIDUOS MUERTOS EN EL INTERVALO x a x + 1 dx	INDICE DE MORTALIDAD qx	ESPERANZA MEDIA DE VIDA AL INICIO DEL INTERVALO ex
0	2681	1.000	1127	0.420	2.298
6	1554	0.579	295	0.189	2.603
12	1286	0.480	413	0.320	2.030
18	876	0.326	176	0.200	1.760
36	700	0.261	294	0.420	1.080
114	406	0.151	—	—	—

Cuadro 9.- Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., para el tratamiento D.

EDAD EN MESES x	Nº DE PLANTAS VIVAS nx	PROPORCION DE SOBREVIVIENTES AL INICIO DEL INTERVALO DE EDAD x lx	NUMERO DE INDIVIDUOS MUERTOS EN EL INTERVALO x a x + 1 dx	INDICE DE MORTALIDAD qx	ESPERANZA MEDIA DE VIDA AL INICIO DEL INTERVALO ex
0	2297	1.000	644	0.280	2.733
6	1653	0.719	315	0.190	2.604
12	1338	0.582	348	0.260	2.099
18	990	0.430	218	0.220	1.660
36	772	0.336	394	0.510	0.989
114	378	0.164	—	—	—

Cuadro 10.- Cuadro estadístico de esperanza de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., para el tratamiento E.

EDAD EN MESES x	Nº DE PLANTAS VIVAS nx	PROPORCION DE SOBREVIVIENTES AL INICIO DEL INTERVALO DE EDAD x lx	NUMERO DE INDIVIDUOS MUERTOS EN EL INTERVALO x a x + 1 dx	INDICE DE MORTALIDAD qx	ESPERANZA MEDIA DE VIDA AL INICIO DEL INTERVALO ex
0	2197	1.000	352	0.160	2.664
6	1845	0.839	406	0.220	2.069
12	1439	0.6554	360	0.250	1.511
18	1079	0.4910	745	0.690	0.849
36	334	0.1520	291	0.871	0.628
114	43	0.0190	—	—	—

Cuadro 11.- Esperanzas de vida para cada uno de los tratamientos de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

Tratamiento	Edad meses				
	0	6	12	18	36
A	1.639	2.279	1.841	1.220	1.000
B	1.426	2.395	1.732	1.400	0.769
C	2.298	2.603	2.030	1.760	1.080
D	2.733	2.604	2.099	1.660	0.989
E	2.664	2.069	1.511	0.489	0.628

Con la prueba estadística de Duncan con 0.05 de significancia (Cuadro 12), se determinó que sí existe diferencia significativa entre tratamientos, concluyéndose que con 4 y 3 árboles, la esperanza de vida es mayor en comparación con los demás tratamientos como se observa en el (Cuadro 13). Lo que se reafirma que la especie en estudio en los primeros años de edad requiere de cierta protección. En la (Figura 9), se observa con más claridad dicha diferencia. Mientras que utilizando los Métodos estadíst-

icos de Tukey y Scheffé, con un grado de significancia de 0.05 no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 12.- Análisis de varianza de las Esperanzas de vida con el Método estadístico de Duncan .

F.V.	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	8	8.35121288	1.04390161	11.81	0.0001
Error	16	1.41480776	0.08842549		
C.T.	24	9.76602064			
R-Square		C.V.	Root MSE	EVIDA Mean	
0.855130		17.17756	0.297364	1.73112000	

Cuadro 13.-Comparación de medias de la esperanzas de vida de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

TR	Media	Agrupación Duncan	
4	2.017	A	
3	1.954	A	B
1	1.596		B
2	1.544		B
5	1.544		B

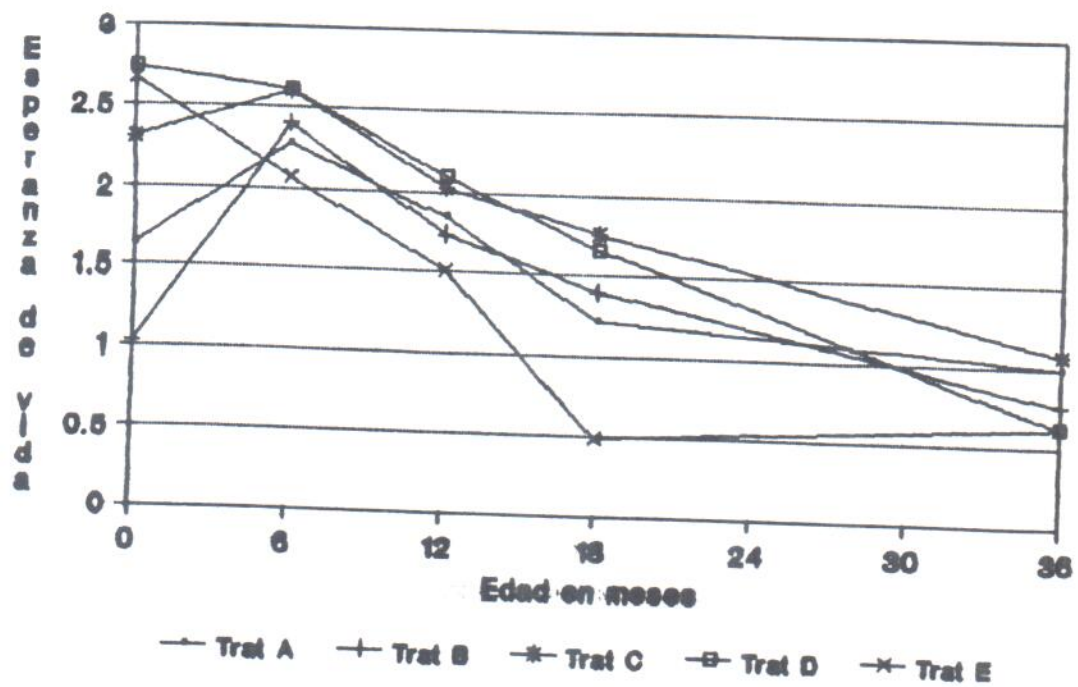


Fig. 9.- Esperanza de vida, por tratamiento de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

Altura.

El crecimiento en altura de la regeneración de Pinus arizonica, en su etapa de plántula no se ve afectada por la cobertura de la copa.

En este patrón de desarrollo se observa en los cinco tratamientos, dado que las variaciones no son significativas, lo que se reafirma con el análisis estadístico, mediante las comparaciones de contrastes determinadas con la prueba de Tukey, que así lo demuestra, las cuales indican no diferencia entre las medias de las alturas y los tratamientos.

Es importante aclarar que pese a que la corta de liberación se realizó a 36 meses, es evidente el efecto de las diferentes coberturas en la altura de los brinzaleas a 114 meses de edad, destacándose coberturas mayores en una inhibición del crecimiento en altura, con 156.0 y 153.0 cm para los tratamientos E y D, respectivamente. En cambio las mayores alturas se lograron en los tratamientos con menor cobertura; es el caso del A, B y C, con 242.9, 219.6 y 195.9 cm, de altura respectivamente (Cuadro 14).

Los resultados que se observan en la Figura 10, muestran el comportamiento de la regeneración en cuanto al crecimiento en altura en función de los tratamientos. La dinámica del crecimiento se ve afectada por el grado de cobertura, con lo cual la especie demuestra su intolerancia a la sombra.

Cuadro 14 .- Crecimiento en altura de la regeneración de Pinus arizonica Engelm. por tratamiento a la edad de 6, 36 y 114 meses.

Trata mientos	Cobertura de copa (m2)	No. de árboles padres	Altura (cm) Edad en meses		
			6	36	114
A	64.50	1	5.5	18.2	242.9
B	119.50	2	5.3	19.4	219.6
C	204.00	3	5.3	17.6	195.9
D	233.00	4	5.4	20.0	153.0
E	345.00	5	5.7	17.6	156.6

No se pudo precisar si este efecto ocurrió a una edad más temprana, dado que no se contó con información cercana a la liberación; sin embargo, los efectos causados a la dinámica de crecimiento de la regeneración se manifiestan claramente aun despues de haber eliminado el estrato superior, ya que los datos obtenidos en la medición de 1989 así lo demuestran.

Los resultados anteriores, sin duda, permiten hacer una estimación aproximada del tiempo en que la práctica de la liberación debe efectuarse y con ello mantener el patrón de crecimiento de la especie. De acuerdo con esta apreciación, debe efectuarse cuando la regeneración presente una altura de 30 a 60 cm, con el fin de promover el desarrollo de los brinzales, ésto se observó en las medias generales, ya que en sus primeras etapas no existen efectos por la cobertura de los árboles padres, en su desarrollo en altura, pero en etapas posteriores es posible que ocurra un efecto negativo en su desarrollo aún despues de la liberación.

Las medias de los tratamientos en cobertura indican que no existe influencia sobre el desarrollo de las plántulas de 6 y 36 meses de edad. En este caso, puede pensarse que el efecto de la cobertura fue de protección a las plantas del semillero. Sin embargo la dinámica de crecimiento en altura de la regeneración de Pinus arizonica, es más notorio a los 114 meses observándose aquí las diferencias de los tratamientos en la altura (Cuadro 15).

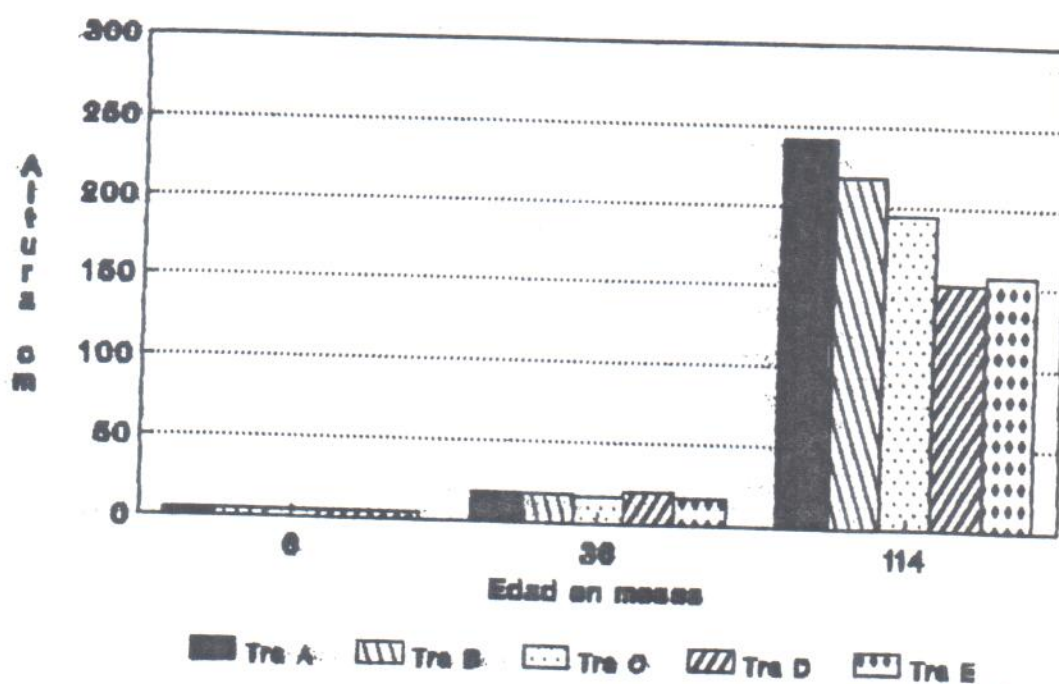


Fig.10.- Efecto de los tratamientos por edad en la altura de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

Diámetro.

De la variable diámetro solo se realizó una medición (a los 114 meses), la cual se correlacionó con la altura promedio por tratamiento mostrando una relación directa entre el crecimiento en diámetro y el desarrollo en altura. También se observa la influencia de la cobertura de copa en su crecimiento, concluyéndose que la cobertura afecta tanto el desarrollo en altura como en diámetro (Cuadro 15)(Figura 11).

Cuadro 15.- Comportamiento del diámetro y altura promedio por tratamiento de la regeneración de Pinus arizonica Engelm. a los 114 meses de edad, y comparación de significancia de altura y diámetro por tratamiento.

Tratamiento	Cober- tura (m2)	No. de árboles padres	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Compara- ción
A	64.50	1	242.9	6.7	A
B	119.50	2	219.6	6.2	A B
C	204.00	3	195.9	6.0	B
D	233.00	4	154.0	4.9	C
E	345.00	5	156.6	4.0	D

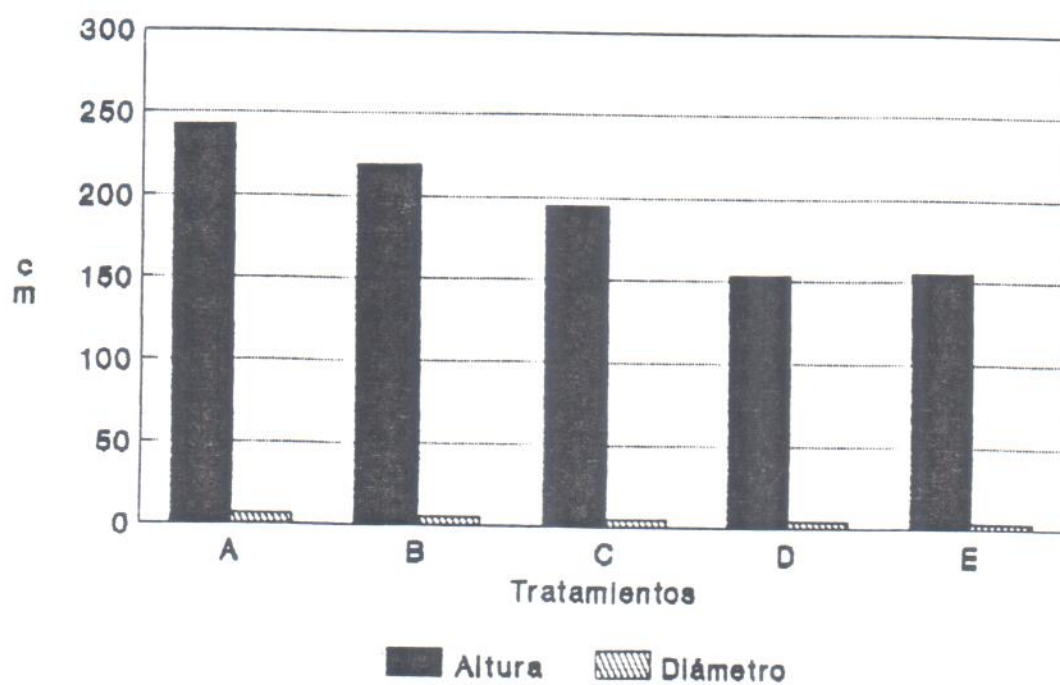


Fig. 11.- Efecto de los tratamientos en el crecimiento en altura y diámetro de la regeneración de Pinus arizonica Engelm.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1.- El conocimiento de los factores que participan en la regeneración de las especies forestales, es indispensable, para su cultivo eficiente.

2.- La regeneración de Pinus arizonica Engelm., en los primeros meses de desarrollo requiere cierta protección de los árboles padres, tanto para reducir su mortalidad como para favorecer su crecimiento en altura y en diámetro.

3.- Al analizar la variable altura de la regeneración de Pinus arizonica Engelm., se concluye que no existe influencia sobre el desarrollo de las plántulas de 6 y 36 meses de edad. Sin embargo, a la edad de 114 meses, la influencia de la coberturas de los árboles padres ejerce un efecto significativo en el crecimiento, destacándose las coberturas mayores en una inhibición del crecimiento en altura.

4.- A la edad de 114 meses se observa una relación directa entre el crecimiento en diámetro a la base del tallo y la altura total, para Pinus arizonica Engelm., en su etapa de brinzal.

5.- El mejor tratamiento es el C (3 árboles), por lo tanto 15 árboles por hectárea.

Las recomendaciones emanadas del presente trabajo son:

1.- En futuras evaluaciones de la regeneración deben considerarse todos los factores (bióticos y abióticos), que provocan la mortalidad de la misma.

2.- Se recomienda que la liberación de los brinzales de Pinus arizonica Engelm. se efectúe antes de los 36 meses, para que el efecto de la cobertura de los árboles padres sea mínimo.

3.- Debido a que los sitios muestreados son pequeños, existe una gran influencia de factores como semillación, sombreado y/o protección, tanto del área arbolada periférica como entre tratamientos, por no existir una barrera de bosque natural entre unidades experimentales, lo que también invalida el empleo de bloques al azar. Para futuros estudios se recomienda que los tratamientos aplicados sean totalmente independientes entre sí, para evitar interacción.

6.- LITERATURA CITADA.

- Alvarez, O. P. A. y Varona, T. J. C. 1990 Silvicultura. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 260-263.
- Aldrete, A. 1990. Evaluación de la regeneración natural de Pinus montezumae Lamb. en áreas tratadas con el Método de Árboles Padres. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 95 p.
- Amo, R. S. 1985. Algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el conocimiento de árboles juveniles de especies primarias (eds) Investigación sobre la regeneración de selvas en Veracruz. INIREB. Xalapa, Ver. 79-91 pp.
- Baker, F.S. 1923. Notes on the composition of even-aged stand. Journal of forestry 21:712-717 pp.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. Trad. de G. Gerónimo y M. Rojas Garcidueñas. México. AGTEEDITOR pp. 75-78.
- Cibrian, T. D.; Bernard, H. E.; Harry, O. Y. y Méndez, M J. T 1986. Insectos y conos y semillas de las coníferas de México/Cone and seed insects of the mexican conifers. Universidad Autónoma Chapingo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México/U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 110 p.
- Chacón, S.J.M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de Pinus arizonica Engelm. Ciencia Forestal 8 (42): 3-20.
- Chacón, S.J.M. y S.J. Córdoba 1986. Dinámica de establecimiento de la regeneración de Pinus arizonica Engelm. en Madera Chihuahua. Ciencia Forestal 59(11):15-42.
- Colbry, V.L. ; T.F. Swofford y R.P. Moore. 1980. Pruebas de germinación en el laboratorio. In Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Semillas. México, CECSA. pp. 771-786.
- Connell, J.H. 1970. A predator-prey system in the marine intertidal region. I. Balanus glandula and several predatory species of Thais. Ecology 42: 710-723.
- Crawley. J.M. 1986. Plant Ecology. Departament of Pure and Aplied Biology Imperial College, Lond. Ed. Blackwell Scientific Publications. pp 496.

6.- LITERATURA CITADA.

- Alvarez, O. P. A. y Varona, T. J. C. 1990 Silvicultura. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 260-263.
- Aldrete, A. 1990. Evaluación de la regeneración natural de Pinus montezumae Lamb. en áreas tratadas con el Método de Arboles Padres. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 95 p.
- Amo, R. S. 1985. Algunos aspectos de la influencia de la luz sobre el conocimiento de árboles juveniles de especies primarias (eds) Investigación sobre la regeneración de selvas en Veracruz. INIREB. Xalapa, Ver. 79-91 pp.
- Baker, F.S. 1923. Notes on the composition of even-aged stand. Journal of forestry 21:712-717 pp.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. Trad. de G. Gerónimo y M. Rojas Garcidueñas. México. AGTEDITOR pp. 75-78.
- Cibrian, T. D.; Bernard, H. E.; Harry, O. Y. y Méndez, M J. T 1986. Insectos y conos y semillas de las coníferas de México/Cone and seed insects of the mexican conifers. Universidad Autónoma Chapingo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México/U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 110 p.
- Chacón, S.J.M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de Pinus arizonica Engelm. Ciencia Forestal 8 (42): 3-20.
- Chacón, S.J.M. y S.J. Córdoba 1986. Dinámica de establecimiento de la regeneración de Pinus arizonica Engelm. en Madera Chihuahua. Ciencia Forestal 59(11):15-42.
- Colbry, V.L. ; T.F. Swofford y R.P. Moore. 1980. Pruebas de germinación en el laboratorio. In Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Semillas. México, CECSA. pp. 771-786.
- Connell, J.H. 1970. A predator-prey system in the marine intertidal region. I. Balanus glandula and several predatory species of Thais. Ecology 42: 710-723.
- Crawley. J.M. 1986. Plant Ecology. Departament of Pure and Aplied Biology Imperial College, Lond. Ed. Blackwell Scientific Publications. pp 496.

- Daniel, W. T., A.J. Helms y F.S. Becker. 1982. Principios de Silvicultura. Segunda edición, E. McGraw Gill. Mxico, D.F. 482 p.
- Fierros, G.A. 1990. Factores del medio ambiente que afectan a la regeneración natural de las coníferas y su manipulación silvícola. In. Tercera Reunión Anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Edo. de Veracruz, 1990. Memoria, Veracruz, Ver. (Mxico), 6-7/dic./90. CIFAP-VERACRUZ. Publicación Especial No. 2. pp. 211-228. p 11.
- Flores, C.E. 1969. Determinación de los ciclos semilleros de los pinos ponderosa del Estado de Chihuahua. Mxico y sus Bosques. Publicación bimestral. 7(1):12-27.
- Ghent, A.W., D.A. Fraser y J.B. Thomas. 1957. Studies of Regeneration in Forest Stands Devasted by the Spruce Budworm. I. Evidence of Trends in Forest Succession During the Firts Decade Following Budworm Devastation. Forest Science, 3 (2): 184-208.
- González, G. J.A. 1990. Evaluación de la Regeneración de Pinus cembroides Zucc. en Condiciones Naturales en La Amapola, S.L.P. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. U.A.CH. Chapingo, Mxico. 79 p.
- Granados, S.D. 1994. Ecología y dispersión de las plantas. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. 115 p.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1989. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. por Antonio Marino Ambrosio, 5 ed. Mxico, CECSA. pp. 149-244.
- Hawley, R.C. Y D.M. Smith. 1972. Silvicultura Práctica. Trad. Jaime Terradas. Ed. John Wiley & Sons Inc. Barcelona, España.
- Hocker, H.W. 1984. Introducción a la Biología Forestal. A.G.T. Editor S.A. Mxico, D.F. 446 p.
- Islas, G. F. 1987. Un Modelo de Regeneración y Mortandad para Pinus arizonica Englm. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Mxico. 82 p.
- Janzen, T.E. 1970. Herbivorous and the number of tree species in tropical forests Am Natur 100: 25-35.
- Kellison, R.C., D.J. Frederick, and W.E. Gardner. 1981. A guide for regenerating and managing natural stands of southern hardwoods. N.C. State Univ., Sch. Nat. Resources Bull. 463. 24 pp

- Koslowki, T.T. and Keller, T. 1966. Food relation of woody plants. Bot. Rev. 12(4):293-382.
- Little, E.L. Jr. 1953. Check list of native and naturalized trees of the United States (Including Alaska). USDA For. Serv. Agriculture Handbook N°- 41. Government Printing Office, Washington, D.C 472 p.
- López, R.F.G. 1993. Ecología de la dispersión. Apoyos Acadmicos. Uiversidad Autónoma Chapingo. 83 p.
- Manzanilla, H. 1974. Investigaciones Epidomtricas y Silvícolas en Bosques de Abies religiosa. Fotodiseño, Mxico. pp. 78-80.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2a. ed. Ed. Botas, Mxico. D. F. 145 p.
- Mas, P.J. y González, P.A. 1990. El SPES "La Nieve" a 27 años de su establecimiento. CIFAP-Michoacán SARH. pp. 22-23.
- Mastache, M.A. y Arteaga, M.B. 1988. Tratamientos al suelo para estimular la regeneración de Pinus patula Schl. et Cham. Agrociencia No. 72. Colegio de Postgraduados. pp. 100-103.
- Matteucui, D.S y Colma, A. 1982. Metodologá para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Monografía N° 22 Serie de Biología. 168 p.
- McCaughey, W.W, Schmidt, W. C. and Shearer, R.C. 1986. Seed dispersal characteristics of conifers in the Island Mountain West. In Proceedings-conifer tree seed in the Island Mountain West Symposium. AUGUST 5-6, 1985. Missoula, Montana
- McDonald, P.M. 1976. Forest regeneration and seedling rowth from five cutting methods in North Centra California. USDA, Forest Service Res. Paper PSW- 115. 10 p.
- Mora, F.F.F. y F.C. Rodríguez. 1988. Evaluación de regeneración natural de Pinus montezumae Lamb., con tratamiento de árboles padres en Tulancingo, Hidalgo. Programa Forestal: Centro de gentica. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de Mxico. s/p.
- Mirov, N.T. 1967. The genus pinus. The Ronald Press Co. New York. 172 p.
- Musalem, M.A. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of Pinus montezumae Lamb , in a temperate forest of Mxico. Ph. D. Dissertation. Faculty of the Graduate School Yale University. New Haven, Conn. 244 p.

- Musalem, M.A., Velázquez, M.A. y González, G.M.J. 1985. Algunas consideraciones ecológico-silvícolas en el establecimiento inicial de la regeneración natural en bosques de clima templado frío de la región Central. Memoria del Simposio sobre Silvicultura y Manejo de Bosques en México. México, D.F. 28 p.
- Narváez, F.R. 1980. El suelo en relación con los tipos de vegetación y su productividad en el Area Experimental Forestal Madera, en Chihuahua. Tesis de Maestría en Ciencias de La División de Estudios de Posgrado de la UNAM. pp. 22-32.
- Noble, D.L. y Alexander, R.R. 1977. Environmental factors affecting natural regeneration of Engelmann spruce in the Central Rocky Mountains. For. Sci. 23(4):420-429.
- Niembro, R. A. 1979. Semillas Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Bosques. Chapingo, México. 131 p.
- Oliver, C.D. 1981. Forest development North America following major disturbances. For. Ecol. and Mgmt. 3:169-186.
- Ortega, C. C. e Iglesias, G.L. 1988. Epoca de Recolección de Germoplasma de tres especies de Pino en el Estado de Chihuahua. Memorias del 10 Aniversario de la Investigación en el Estado de Chihuahua. Campo Experimental Madera. INIFAP, SARH. s.p
- Patiño, V. F., P. de la Garza., Villagomez A., I. Talavera A. y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México. INIF. Bol. Div. No. 63. pp. 33- 51.
- Pearl, R. 1928. The Rate of Living. Knopf, New York.
- Prez, B.J.L. 1988. Estimación de la producción de conos de Pinus montezumae Lamb., en el ICEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de licenciatura. DICIFO. UACH.
- Pritchett, W.L. 1986. Suelos Forestales, propiedades, conservación y manejo. (Trad. Jose Huerta Vega) Limusa, México. Cap. 9 pp. 165-168.
- Rodríguez, S.B. y C.X. Gracia. 1989. Evaluación de estructura y desarrollo de la regeneración de Pinus douglasiana Mtz. en Concepción de Buenos Aires, Jalisco. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 71 p.
- Rosales, S.P.H., M.A. Olayo, J.A. Morales, R. Alvarez, I. Martínez y Z.S. Castro. 1982. El Método de Desarrollo Silvícola, una alternativa a la silvicultura y ordenación de bosques. Tesis de Licenciatura. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 406 p.

- Ronco Jr, F. y Ready, K.I. 1983. Southwestern ponderosa pine. In: Silvicultural systems for the mayor forest types of the United States. (R.M Burns comp). U.S.D.A. Agric. Handb. 445 Washington, D.C. pp 70-72.
- Samek, V. 1974. Elementos de Silvicultura de los Bosques Latifoliados. Ed. Ciencia y Técnica, Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba. 291 p.
- Shaw, G.R. 1914. Los pinos de México. Trad. del inglés por Moncayo, F. y G. Gonzalez. 1978. C.E.F. Michoacán 29 p.
- Smith, D. M. 1986. The Practice of Silviculture. Ed. John Wiley & Sons. pp. 396 - 416
- Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. Editor S.A. México, D.F. 690 p.
- Stoker, O. 1960. Die photosynthetischen Leistungen der steppen und wüstenpflanzen und, insb. W. Ruhland (R.d) Handbuch der Pflanzenphysiologie. Suikigie; 5(1) 460-491.
- U.S.D.A. 1948. Woody-plant seed manual. USDA. For. Serv. Miscellaneous publication No. 654. pp. 31-49.
- Velásquez, M.A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de Pinus hartwegii Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 123 p.
- Velásquez, M.A., M.A. Musálem, M.R. Keyes y G. Zarate. 1986. Influencia del tratamiento al suelo y la condición de apertura del dosel en el establecimiento inicial de la regeneración de Pinus hartwegii Lindl Agrociencia 64: 147-170.