

# ESTABLECIMIENTO DE REGENERACIÓN DE *Pinus patula* Schl. et Cham., EN CORTAS BAJO EL MÉTODO DE ÁRBOLES PADRES

M. Castelán-Lorenzo<sup>1</sup>; B. Arteaga-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Preparatoria Agrícola, Área de Agronomía, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>2</sup>División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO. Tel y Fax: 01 595 95 21500 y 01 595 95 21637. Correo-e: barteaga@correo.chapingo.mx

## RESUMEN

Se evaluó el establecimiento de la regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham., en el Ejido La Mojonera, municipio de Zacualtípán, en el estado de Hidalgo, en áreas de bosque manejadas con el método de árboles padre. El Método de Desarrollo Silvícola (M.D.S.), contempla un período de gracia de cinco años después de los aprovechamientos para que la regeneración se considere establecida. Con base en lo anterior, en este estudio se consideraron las seis anualidades siguientes: 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

Mediante sitios de muestreo ubicados al azar dentro de las áreas aprovechadas en las anualidades indicadas, se obtuvo información respecto a la densidad, altura total, diámetro de la base y diámetro de copa de la especie de interés a fin de determinar su crecimiento a través de los años. Los resultados indicaron que la regeneración se comporta de manera regular y uniforme en las seis áreas (anualidades) evaluadas, considerándose como establecida a los cuatro años después del aprovechamiento, pues en este lapso, se presentó una densidad de 4,200 individuos por hectárea (superando la norma prefijada por el MDS de 2,500 individuos por hectárea), con una altura promedio de 2.7 m; un diámetro en la base promedio de 3.8 cm y un diámetro de copa promedio de 1.34 m.

Para el caso de las anualidades 1997 y 1998, se encontró que la cobertura de copas rebasa ampliamente el parámetro establecido por los procedimientos de la evaluación, razón por la cual, en dichas áreas puede realizarse un preaclareo de hasta 40 %, encaminado a obtener una estructura deseada.

**PALABRAS CLAVE:** densidad media, crecimiento de masas forestales, altura total, diámetro de la base, diámetro de copa.

## ESTABLISHMENT OF REGENERATION OF *Pinus patula* Schl. et Cham. IN CUTTINGS UNDER THE SEED-TREES METHOD

## SUMMARY

e evaluated the establishment of the regeneration of *Pinus patula* Schl. et Cham. in Ejido La Mojonera Zacualtipan municipality in the state of Hidalgo, México, in forest areas managed by the seed tree method. The Silvicultural Development System (MDS) provides a grace period of five years after the use for which the regeneration is considered established, based on this, this study considered the six following years: 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 and 2002. By sampling sites randomly located within the areas seized in the years indicated, information was obtained about the density, height, base diameter and crown diameter of the species of interest to determine their growth through year. The results showed that regeneration behaves regularly and evenly in the six areas (annual) evaluated, considered as established for the four years after harvesting, since this time, a density of 4200 individuals / ha (exceeding the norm profile for the MDS of 2500 individuals / ha), with an average height of 2.7 m in diameter at the base average of 3.8 cm and an average canopy diameter of 1.34 m.

In the case of the years 1998 and 1997, found that the canopy cover outweigh the parameter set by the procedures of evaluation, why, in these areas can be a preaclareo up to 40 %, aimed at obtaining a desired structure.

**KEY WORDS:** mean density, forest growth, total height, diameter at the base, canopy diameter.

## INTRODUCCIÓN

Los aprovechamientos forestales ocasionan algunas perturbaciones temporales en la composición original de las masas arboladas, sea cual sea el tipo de tratamiento que se aplique. Ante esto, es necesario conocer la potencialidad de recuperación del arbolado, con especial énfasis en su capacidad de regeneración.

La regeneración es sin duda uno de los aspectos de mayor importancia que el silvicultor debe considerar al momento de manejar un bosque, específicamente de las especies de interés, ya que dependiendo del conocimiento de las mismas y del medio en que se desarrollan, las prácticas silvícolas aplicadas contribuirán a su cultivo de manera correcta (Ortega, 1990). Por esta razón, es de suma importancia conocer el resultado de la aplicación de un método de manejo en particular, por medio de una evaluación del renuevo, para asegurar la continuidad del bosque.

Durante el ciclo de crecimiento de una masa arbórea tiene lugar la sustitución de los árboles que son eliminados bien por muerte natural, enfermedades o por corta para su aprovechamiento, por otros nacidos de las semillas que diseminan a lo largo de su vida. Es lo que se conoce por regeneración, que se puede facilitar mediante las llamadas cortas de regeneración. Entre las especies más adaptadas para la regeneración de forma natural, están las del género *Pinus*, cuyos conos, al abrirse, diseminan multitud de semillas, mismas que en condiciones favorables del suelo, germinan con facilidad dando lugar a su regeneración, asegurando la continuidad de los bosques, esto se lleva a cabo a través de adecuados trabajos silvícolas (Buesa, 2003).

La regeneración se define como aquella en la que la misma naturaleza se encarga de la reproducción de árboles por medio de semillas que germinan, bien sea debajo de los árboles padres, o en otros sitios, si se trata de semillas pesadas o livianas que hayan sido transportadas por el agua o el viento, por los roedores, pájaros u otros animales. En el Método de Desarrollo Silvícola (M.D.S.), la evaluación y seguimiento permanente a las áreas de regeneración ejercidas, es una actividad que se debe incluir dentro del plan de manejo de los bosques en aprovechamiento. Se han realizado evaluaciones en áreas de regeneración natural obtenidas mediante dicho método, aplicando el tratamiento de árboles padres. Este método o corta de regeneración, tiene por objeto lograr el establecimiento y adaptación a las condiciones ambientales del lugar la cantidad de 2,500 árboles·ha<sup>-1</sup> después de cinco años de aplicada la corta, asemejando un espaciamiento de 2 X 2 m Cano (1988).

Por otra parte, en la formulación de los estudios técnicos de manejo forestal se continúa aplicando el Método de Desarrollo Silvícola, el cual contempla como método de regeneración al de árboles padres o semilleros y la aplicación de los tratamientos silvícolas: cortas de regeneración, cortas de liberación, cortas de aclareo y otros tratamientos

complementarios, considerando como una unidad de ordenación a los predios iguales o mayores a una hectárea (Aguilar, 1992).

En la Región Forestal de Zacualtipán, estado de Hidalgo, que anteriormente pertenecía a la superficie forestal de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal (UCODEFO) Núm. 2 Región Zacualtipán, se ha venido aplicando el Método de Desarrollo Silvícola, desde el año 1992, con un plan de manejo para 50 años, el turno que se aplica es de 40 años y el ciclo de corta de 10 años, en el cual se ha intervenido con el método de árboles padres para *Pinus patula* Schl. et Cham., principalmente, por ser la especie de mayor distribución e interés económico.

*Pinus patula* es una especie considerada como importante, ha demostrado ser una especie de rápido crecimiento, sobre todo cuando cuenta con suelos profundos y bien drenados. Debido a ello, así como a la calidad de su madera, es una fuente de materia prima para la industria maderera y papelera. Su madera puede aprovecharse para construcciones ligeras, empaques de frutas, pilotes para minas y postes para líneas telefónicas o de conducción de energía eléctrica (Wormald, 1975).

Por lo que el presente estudio tuvo como propósito hacer una evaluación del renuevo de esta especie en áreas aprovechadas por el método de árboles padres, con el objeto de determinar el comportamiento del arbolado en cuanto a uniformidad y regularidad en condiciones naturales; verificar la capacidad de regeneración de esta especie en la zona, así como la efectividad de la aplicación de este método silvícola de aprovechamiento de bosques.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el ejido La Mojonera, municipio de Zacualtipán, estado de Hidalgo. Se localiza entre las coordenadas geográficas 20° 37' 11" y 20° 37' 43" de latitud norte y a los 98° 36' 22" y 98° 37' 37" de longitud oeste y una altitud media de 2,060 m. Presenta un clima del tipo C(fm); que equivale a un clima templado húmedo con lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor a 5 % y con respecto al total anual, menor del 18 %. La temperatura media anual es de 12.4 °C con una máxima extrema promedio de 38 °C, y una mínima extrema de -10 °C; con una precipitación media anual de 1,854 mm (INEGI, 1995).

Se seleccionaron seis áreas de regeneración (aprovechadas en el período 1997 - 2002), las cuales fueron intervenidas con el método de árboles padres, con una superficie de 5.36 ha por cada área, las cuales son de corta que se han delimitado para el aprovechamiento anual. Se realizó un recorrido previo con el fin de tener un panorama general de las condiciones existentes dentro de cada área a evaluar. Posteriormente, de manera selectiva, se localizaron

diferentes condiciones que se presentaron, esto en cuanto a pendiente, altitud y exposición, ubicando en cada una de ellas dos puntos al azar que se consideraron como sitios de muestreo, levantando seis sitios por área, de tal manera que se ubicaran cubriendo las distintas condiciones, en total 36 sitios para las seis áreas evaluadas.

Una vez que se localizó el sitio de muestreo se anotaron las características presentes en el mismo, tales como pendiente, exposición, altitud, vegetación competitiva y asociada. Para cada individuo de la especie de interés (*P. patula*) encontrado, se registró en el formato para la toma de datos, midiendo la altura (metros), el diámetro de la base (centímetros), tomado 0.15 m para el caso de las dos últimas anualidades a nivel del suelo y el diámetro de copa (metros). Se incluyeron todos los individuos presentes de la especie de interés dentro de cada sitio, excepto aquellos que se encontraron dañados, decrepitos o incluso muertos.

**Para la variable número de árboles, se consideraron tres parámetros de evaluación:**

1. Satisfactoria. Igual o mayor a 2,500 árboles por hectárea
2. Insuficiente. Mayor de 300 y menor de 2,500 árboles por hectárea.
3. Escasa. Menor de 300 árboles por hectárea Cano, (1988).

**Para la variable diámetro de copa, se consideraron dos parámetros para su evaluación:**

1. Regular. Distribución uniforme cubriendo más del 60 % del área de regeneración.
2. Irregular. Distribución no uniforme, cubriendo menos del 60 % del área de regeneración.

Para cada área se levantaron seis sitios de forma cuadrangular de 5 X 5 m (25 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>), equivalente a una intensidad de muestreo del 2.5 %, dentro de las superficies de aprovechamiento que constan de 5.36 ha; en total, se levantaron 36 sitios de muestreo cubriendo las seis anualidades, los cuales se realizaron al azar. Una vez obtenida la información de campo, se procedió a agrupar los datos por área y se aplicó un análisis de varianza utilizando

el Modelo Lineal Generalizado, que se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

$Y_{ij}$  = altura, diámetro de la base y diámetro de copa del  $j$ -ésimo árbol en el  $i$ -ésimo sitio.

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Valor atribuido al  $i$ -ésimo sitio

$\epsilon_{ij}$  = error aleatorio

Dada la escala de las áreas de regeneración en campo, no es posible considerar los datos de cada sitio como repetición, sino como pseudorepeticiones, por contarse sólo con una área de regeneración para cada año, aún así los datos obtenidos en campo, permitieron analizar estadísticamente las variables de interés "altura, diámetro de base y diámetro de copa"; usando el paquete SAS versión V.8. Se sometieron a un análisis de varianza aplicando la prueba de comparación de medias de Tukey, a fin de comparar la variación de las características medidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número de árboles

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), con una confiabilidad del 95 %. Así mismo, a través de la comparación de medias de Tukey (Cuadro 2), se puede observar que las anualidades 1998 y 2001 presentan diferente comportamiento entre sí mismas, y que el resto se comportan más o menos igual; para el caso de la primera la densidad es muy alta, siendo muy baja en el caso contrario.

Las áreas intervenidas en los años de 1997 a 2002 muestran una tendencia a la regularidad, encontrándose

**CUADRO 1. Análisis de varianza general de la variable número de árboles.**

F. V	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	5	774.4722222	154.8944444	3.01	0.0256
Error	30	1544.5000000	51.4833333		
Total	35	2318.9722222			

Donde: F.V = Factor de variación; G.L = Grados de libertad.

**CUADRO 2. Prueba de medias Tukey para la variable número de árboles.**

Añualidad Árboles por sitio	Densidad media	Clases
1997	13.16	A B
1998	18.50	A
1999	10.50	A B
2000	7.33	A B
2001	4.66	B
2002	15.00	A B

altas densidades, esto con base en los valores calculados (Cuadro 3), considerando a la regeneración como satisfactoria ya que se superó las 2,500 plantas-ha<sup>-1</sup>, establecidas como condición aceptable en el M.D.S. Por otra parte, para el número de árboles ha<sup>-1</sup> encontrados en cada área intervenida, se observa, de manera general, que no se establecen en la misma proporción en cada una de ellas (Figura 1).

Asimismo, se observa para el caso de las anualidades 2000 a 2002, que no todos los árboles encontrados en las áreas corresponden al mismo año de establecimiento, habiendo incorporación, ya que en todos los años hay

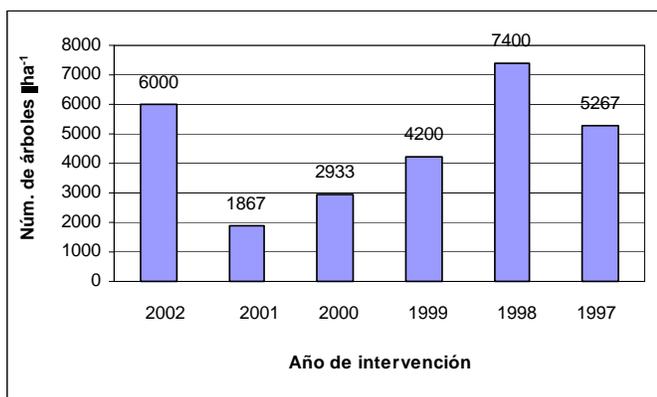
producción de semilla, tanto de los árboles padres dejados en pie, como de los árboles de áreas aledañas, los cuales son eliminados en los preaclareos que se realizan como una labor complementaria.

En general, la densidad de plántulas es adecuada para *P. patula*, encontrándose hasta 50,000 plántulas-ha<sup>-1</sup> de 10 cm de altura promedio en la Sierra Norte de Puebla (Santillán, 1991). Menciona que después de 5 años del aprovechamiento se han llegado a contar hasta 20,000 árboles-ha<sup>-1</sup>, haciéndose necesario realizar un preaclareo hasta del 30 %, dejando la cantidad de 7,200 árboles-ha<sup>-1</sup> con alturas promedio de 3.05 m para la zona de Zacualtipán, Hidalgo. Ante esto, y considerando el ambiente natural de *P. patula*, los resultados muestran y verifican la capacidad que tiene esta especie para regenerarse.

Por otra parte, en lugares donde hay mucha germinación la mortalidad de plantas es muy alta, por lo que la regeneración se establece a través de un proceso gradual, para ciertas especies. Por ejemplo, después de un aprovechamiento en bosques de *Picea abies* se establece una gran cantidad de plántulas y sólo 10 % de éstas llega hasta los 10 años, por lo que para obtener un bosque en su estado normal de madurez, es necesario repoblarlo artificialmente (Fiedler *et al.*, 1985).

**CUADRO 3. Valores estadísticos calculados para la variable número de árboles.**

Valores	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mínimo	6.0	13.0	5.0	3.0	0.0	4.0
Medio	13.16	18.5	10.5	7.33	4.66	15.0
Modal		13			4	
Máximo	20.0	29.0	16.0	13.0	9.0	40.0
Desviación estándar	5.60	7.76	3.93	3.93	2.94	13.29
Varianza	31.36	60.30	16.30	15.46	8.66	176.80
Total de árboles-ha <sup>-1</sup>	5.267	7.400	4.200	2.933	1.867	6.000

**FIGURA 1. Número de árboles/ha en las áreas intervenidas por el tratamiento árboles padres en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hgo.**

## Altura

El análisis de varianza (Cuadro 4) muestra que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), con una confiabilidad del 95 %. Así mismo, a través de la comparación de medias Tukey (Cuadro 5), se puede observar que las anualidades 2002 y 2001 presentan un comportamiento igual, lo mismo para las anualidades 1998 y 1997, siendo diferentes las anualidades 1999 y 2000.

Con base en los valores calculados (Cuadro 6), se puede decir que las áreas intervenidas en los años de 1997 a 2002 presentan un crecimiento en altura uniforme conforme pasan los años de intervención en las áreas.

**CUADRO 4. Análisis de varianza general de la variable altura.**

F. V.	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	5	1249.335688	249.867138	498.02	0.0001
Error	408	204.701569	0.501720		
Total	413	1454.037257			

Donde: F.V = Factor de variación; G.L = Grados de libertad.

**CUADRO 5. Prueba de medias Tukey para la variable altura.**

Anualidad	Altura media (m)	Clases
1997	4.28	A
1998	4.26	A
1999	2.81	B
2000	1.08	C
2001	0.45	D
2002	0.27	D

<sup>1</sup>Dr. Arteaga Martínez Baldemar. Comentario personal. Profesor-Investigador. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México.

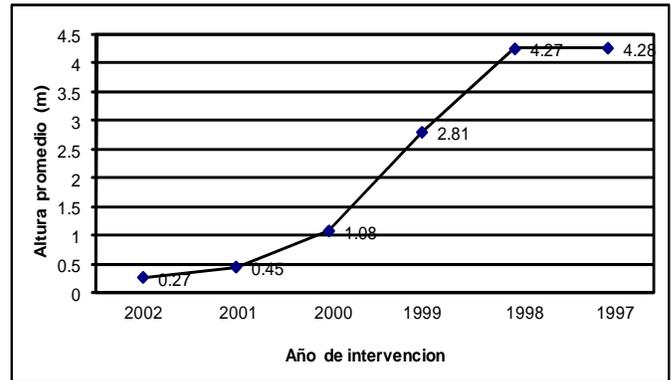
**CUADRO 6. Valores estadísticos calculados para la variable altura.**

Valores estimados	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Valor mínimo	2.00	2.13	0.73	0.36	0.15	0.04
Valor medio	4.28	4.268	2.81	1.085	0.45	0.273
Valor modal	5.00	4.20	3.10	0.90	0.65	0.14
Valor máximo	5.90	5.97	4.50	2.15	0.97	1.35
Desviación estándar	1.063	0.766	0.808	0.381	0.190	0.218
Varianza	1.130	0.588	0.654	0.145	0.040	0.478

Asimismo, se observa que durante los dos primeros años después del aprovechamiento, las plántulas crecen muy poco, debido a cualquiera de los factores que afectan la regeneración, principalmente la vegetación competidora; por lo que una vez que han pasado tres años, y, una vez que se realizan las actividades complementarias, las plántulas comienzan a aumentar su velocidad de crecimiento (Figura 2).

Es necesario mencionar que el área de aprovechamiento correspondiente al año 1997, por observaciones en campo, fue afectada por un incendio en el año 1998, por lo que hace suponer que este factor fue el causante de la reducción en el crecimiento en altura, ya que como se puede ver en la figura anterior, la altura que presentan los árboles de dicha anualidad son ligeramente mayores a la anualidad 1998, siendo que esta última, sobrepasa en 1.50 m a la altura de la anualidad 1999.

Hawley y Smith (1972) y Daniel *et al.* (1982), mencionan que para el establecimiento de la regeneración se requiere de una década o aún más. Sin embargo, con los resultados obtenidos para *P. patula*, puede considerarse como

**FIGURA 2. Comportamiento de las alturas promedio en áreas intervenidas por el tratamiento árboles padres.**

establecida la regeneración natural a los cuatro años después del aprovechamiento; esto es, en el momento en que los árboles en la etapa de brinzal, comienzan a dominar a la vegetación competidora, teniendo una altura promedio de 2.81 m. Sin embargo, esto se logra con las actividades complementarias que se le realizan al bosque, ayudando con éstas a la regeneración a establecerse, ya que sólo así se consigue lo anterior de una manera más rápida y efectiva.

### Diámetro de base

El análisis de varianza (Cuadro 7) muestra que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), con una confiabilidad del 95 %. Así mismo, a través de la comparación de medias Tukey (Cuadro 8), se puede observar, al igual que en la variable altura, que las anualidades 2002 y 2001 presentan un comportamiento en cuanto a diámetro de base más o menos igual; pero esta última tiende a ser igual a la 2000. Para el caso de las anualidades 1999, 1998 y 1997, muestran un comportamiento diferente una de otra; es decir, se presenta un crecimiento propio de cada año.

Con base en los valores calculados (Cuadro 9), se puede decir que las áreas intervenidas en los años de 1997 a 2002 presentan un crecimiento en diámetro de base uniforme y progresivo conforme pasan los años de intervención en las áreas.

Al igual que en la variable anterior, para ésta, se observa que durante los dos primeros años después del aprovechamiento, las plántulas crecen poco debido a

**CUADRO 7. Análisis de varianza general de la variable diámetro de base.**

F.V.	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	5	2339.123956	467.824791	211.89	0.0001
Error	408	900.802288	2.207849		
Total	413	3239.926243			

Donde: F.V = Factor de variación; G.L = Grados de libertad.

**CUADRO 8. Prueba de medias Tukey para la variable diámetro de base.**

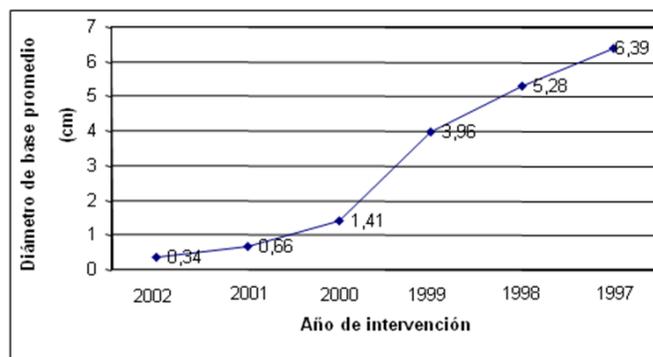
Anualidad	Diámetro de base promedio (cm)	Clases
1997	6.39	A
1998	5.27	B
1999	3.95	C
2000	1.41	D
2001	0.65	DE
2002	0.33	E

**CUADRO 9. Valores estadísticos calculados para la variable diámetro de base.**

Valores estimados	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Valor mínimo	2.15	1.90	1.30	0.40	0.16	0.08
Valor medio	6.39	5.28	3.96	1.41	0.66	0.337
Valor modal	8.20	5.50	3.00	1.30	0.80	0.30
Valor máximo	11.55	9.60	7.37	3.50	2.00	1.90
Desviación estándar	2.332	1.698	1.425	0.716	0.38	0.303
Varianza	5.438	2.882	2.03	0.512	0.15	0.092

cualquiera de los factores mencionados que afectan la regeneración; así también, una vez que se realizan las actividades complementarias, después de tres años del aprovechamiento, las plántulas comienzan a aumentar la velocidad de crecimiento (Figura 3).

Como se mencionó anteriormente, la anualidad 1997 fue afectada por un incendio en el año 1998, siendo posiblemente el causante de la reducción en el crecimiento de altura; sin embargo, en cuanto al crecimiento de diámetro, en la figura se observa que no se afectó de manera considerable, lo cual hace pensar que el incendio sólo afectó parte

**FIGURA. 3. Comportamiento del diámetro de base promedio en áreas intervenidas por el método árboles padres.**

del follaje de las plántulas, debido posiblemente a la protección recibida de la vegetación competidora en sus inicios de crecimiento, permitiendo rebrotar después del incendio.

### Diámetro de copa

El análisis de varianza (Cuadro 10) muestra que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), con una confiabilidad del 95 %. Asimismo, a través de la comparación de medias Tukey (Cuadro 11), se puede observar que las anualidades 1997 a 2000 presentan un comportamiento diferente en cuanto a diámetro de copa; existiendo un crecimiento regular en cada año.

Con base en los valores calculados (Cuadro 12), se puede decir que sólo las anualidades de 1997 a 1999 presentan un crecimiento en diámetro de copa, uniforme y regular. Cabe señalar que para las dos últimas anualidades no se tomó en cuenta el diámetro de copa de las plántulas por ser poco significativo. Aún el diámetro de copa de la anualidad 2000 no puede considerarse, ya que al determinar

**CUADRO 10. Análisis de varianza general de la variable diámetro de copa.**

F. V.	G. L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Modelo	3	53.09528735	17.69842912	131.47	0.0001
Error	292	39.30958081	0.13462185		
Total	295	92.40486816			

Donde: F.V = Factor de variación; G.L = Grados de libertad.

**CUADRO 11. Prueba de medias Tukey para la variable diámetro de copa.**

Anualidad	Diámetro de copa promedio (m)	Clases
1997	1.78	A
1998	1.52	B
1999	1.33	C
2000	0.44	D

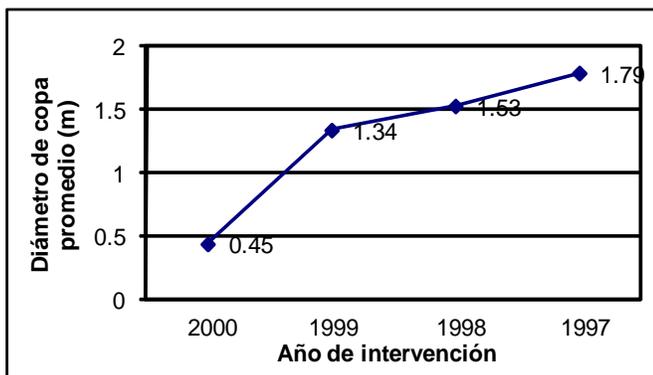
**CUADRO 12. Valores estadísticos calculados para la variable diámetro de copa.**

Valores estimados	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Valor mínimo	0.825	0.65	0.585	0.10	-	-
Valor medio	1.787	1.53	1.339	0.446	-	-
Valor modal	1.95	1.25	1.20	0.50	-	-
Valor máximo	2.75	2.90	2.15	1.05	-	-
Desviación estándar	0.455	0.366	0.325	0.195	-	-
Varianza	0.207	0.134	0.106	0.038	-	-

el porcentaje de cobertura, nos da un valor poco significativo, debido al tamaño y características de las plantas.

En los primeros años después del aprovechamiento no se puede medir el diámetro de copa, ya que las plántulas están muy pequeñas y, por lo tanto, todavía no se puede medir ni mucho menos considerarlo para calcular la cobertura de copas; de igual forma, se observa que después de realizar las actividades complementarias para mejorar la estructura del bosque (anualidad 1999), el crecimiento en copa tiende a aumentar, debido en parte al espacio que se libera dentro del bosque (Figura 4).

En cuanto a la cobertura de copa utilizada por hectárea se encontró que en la anualidad 1997, se ocupa una superficie de 13,536 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>; para la anualidad 1998, una superficie de 14,430 m<sup>2</sup> y para la anualidad 1999 se reduce

**FIGURA 4. Comportamiento del diámetro de copa promedio en áreas intervenidas por el tratamiento árboles padres.**

a 5,523 m<sup>2</sup>, sobrepasando el 60 % considerado en el parámetro para la evaluación en el caso de las dos primeras, encontrando el área sobresaturada (arriba del 100 %), por lo que se puede decir que una vez que se ha establecido la regeneración después de cuatro años, la cobertura de copas puede considerarse como regular y uniforme.

Sin embargo, cuando los rodales son muy densos, los árboles tienden a crecer en altura, la copa viva tiende a buscar la luz, teniendo entonces una reducción del diámetro; en cambio si el rodal se abre, la reacción opuesta es obvia: si bien menos pronunciada ya que la copa no vuelve a bajar (Braathe, 1978). Por otra parte, es obvio que las copas serán más cortas y más angostas en un rodal denso que en uno abierto. Por lo que con los preaclareos, se incrementa la longitud de la copa viva en relación a la altura. Aunque un aclareo fuerte permite un crecimiento más largo de las ramas y las inducirá finalmente a ser más gruesas y los nudos a ser más grandes.

A los dos primeros años después de aplicada la corta de regeneración, el renuevo presenta densidades de 1,876 a 6,000 plántulas·ha<sup>-1</sup>, con alturas que van de 0.09 a 1.35 m y un diámetro en la base que va de 0.08 a 2.0 cm; encontrándola como irregular; siendo notorio que a los primeros dos años después del aprovechamiento se da lugar a que la vegetación herbácea y arbustiva ocupe el sitio de corta debido a la velocidad de crecimiento de estas plantas. Después de cuatro años de aplicada la corta de regeneración la densidad promedió 4,200 individuos·ha<sup>-1</sup>, con una altura media de 2.7 m y un diámetro medio en la base de 3.83 cm; el diámetro de copa promedió 1.34 m, representando un 55.23 % del porcentaje de cobertura de copa, el cual tiende a aumentar conforme pasan los años; al quinto año aumenta hasta sobrepasar el 100 %.

Después de seis años de aplicada la corta de regeneración, la densidad se manifiesta en 5,267 árboles·ha<sup>-1</sup>, con alturas que van de los 2 a los 6 metros (4 m de altura media), un diámetro en la base de 6.4 cm y un diámetro de copa de 1.79 m, cubriendo 135.4 % de cobertura de copa, considerándose a la regeneración como establecida, satisfactoria, regular y uniforme.

En las áreas con regeneración densa es factible la aplicación de preaclareos hasta en 40 % como en las anualidades 1997 y 1998, las que, a pesar de que ya se habían practicado antes, continúan siendo muy densas. La intensidad de los preaclareos se puede definir con base en el número de árboles por hectárea y al porcentaje de cobertura de copa, como en el caso de las anualidades 1997 y 1998; al realizarse los preaclareos, éstos deben distribuirse en toda el área intervenida para tener 60 % de la superficie ocupada por las copas. Al momento de realizar esta actividad, debe cuidarse el espaciamiento entre los árboles, (2 metros es apropiado), de tal manera que se favorezca la poda natural del arbolado y no produzcan ramas

largas ni gruesas, esto a través de un óptimo uso del espacio de crecimiento.

La elevada densidad de la regeneración y su distribución en toda la superficie, y en general en todas las áreas intervenidas, dan a esta especie un potencial muy alto para reestablecer el bosque en caso de producirse un disturbio; como por ejemplo, la formación de claros producto de los aprovechamientos forestales, caída de árboles, incendios, o por cualquier otro fenómeno que provoque algún disturbio. Confirmándose la capacidad de regeneración de esta especie en forma natural, así mismo la bondad de la aplicación del tratamiento árboles padres para esta zona.

Con base en lo observado en campo y a los resultados obtenidos puede decirse que debido a la composición de especies en el área de regeneración, puede predecirse el bosque en su estado de madurez. Sin embargo, debe considerarse que existen patrones predecibles en el proceso sucesional de un bosque, esto no quiere decir que el bosque regresará a una condición exactamente igual, en estructura y composición, a la anterior al aprovechamiento (Jardel y Sánchez, 1989).

De manera natural, el bosque alcanzará su estado de madurez en asociación con las especies presentes; sin embargo, si se elimina la vegetación competidora en las actividades complementarias y, si se realiza una redistribución del renuevo adecuadamente, *P. patula* crecerá libre de competencia y con una estructura regular y uniforme; por lo que puede ayudarse a la regeneración a establecerse si se quiere lograr un bosque regular, y poder tener un control más eficaz en los futuros aprovechamientos.

Partiendo de una población de renuevo, el bosque se puede desarrollar como una masa coetánea. Por lo que las estructuras irregulares que predominan son normales en cuanto a alturas y diámetros, ya que no todos los árboles presentes corresponden al mismo año en el que se realizó la corta, lo cual indica que hay incorporación de nuevos árboles en las áreas de regeneración; y esto va a depender de los espacios abiertos y del nivel de competencia de la vegetación presente en el sitio. Por otra parte, *P. patula* como especie intolerante, no admite a la larga múltiples estratos; por lo que existe una tendencia natural a la regularidad en cuanto a la altura y área basimétrica (Millares *et al.*, 1998).

En el manejo forestal es de suma importancia reconocer las estrategias de regeneración y la variación que existe entre un sitio y otro, además del tiempo transcurrido desde la última corta (si ya se ha intervenido anteriormente), así como la composición de especies y la estructura del bosque antes de ser intervenido. Por otra parte, debe reconocerse el tipo de corta efectuado, la cercanía a la fuente de semillas, la ocurrencia de años semilleros, las

condiciones del suelo y el clima imperante en el período de regeneración.

## CONCLUSIONES

Las irregularidades que presenta el renuevo en cuanto a altura y diámetro, se pueden considerar como normales dentro de la estructura del bosque; una vez que se ha establecido la regeneración, ésta tiende a la regularidad hasta conformar un bosque de un solo estrato. A partir de la anualidad 1999 se considera como establecida la regeneración, ya que después de estos años, ésta se encuentra dominando a la vegetación competidora; una vez que se le han realizado las actividades complementarias correspondientes, como la regulación de la densidad a través de los preaclareos y la redistribución del renuevo.

De manera natural, dentro del bosque se presentan claros en los que la regeneración no se establece; ante ello debe continuarse con la redistribución del renuevo mediante el trasplante, actividad que se ha venido realizando a lo largo del tiempo en la región, con el fin de lograr una estructura adecuada del mismo; así como con los tratamientos complementarios que se hacen al bosque para lograr una regeneración satisfactoria de manera natural y, con ello, facilitar las actividades relacionadas con los futuros aprovechamientos.

## LITERATURA CITADA

- AGUILAR A., J. A. 1992. El manejo integral forestal en la región de Zacualtipán, Hidalgo. pp. 188 – 203 *In*: Memoria del Primer Foro Nacional sobre Manejo Integral Forestal. ARTEAGA MARTÍNEZ, BALDEMAR (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México.
- BRAATHE, P. 1978. Los aclareos en rodales coetáneos: un resumen de la literatura europea. Trad. por Miguel Ángel Musálem Santiago y Francisco Becerra Luna. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo, Estado de México. 143 p.
- BUESA V., A. 2003. Regeneración de pino radiata después de un incendio en el monte de UP Núm. 147 "Posadero". Montes. Revista de Ámbito Forestal 3(73): 46-48.
- CANO C., J. 1988. El Sistema de Manejo regular en los bosques de México. Subdirección de Extensión y Servicio. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 221 p.
- DANIEL T., W.; HELMS J.; BACKER F. 1982. Principios de silvicultura. Trad. de la 2a. Ed. por Ramón Elizondo. McGraw - Hill. México, D.F. 482 p.
- FIEDLER C. E.; MCCAUGHEY W., W.; SCHMIDT W., C. 1985. Natural regeneration in Intermountain Spruce-Fir forest: a gradual process. Department of Agricultura. Forest Service. Intermountain Research Station. Research paper INT-343. Ogden, UT: U.S. 12 p.
- HAWLEY R., CH.; SMITH, O. M. 1972. Silvicultura práctica. Omega. Barcelona, España. 544 p.

- INEGI. 1995. Zacualtipán de Ángeles, estado de Hidalgo. Cuaderno Estadístico Municipal. Aguascalientes, Ags. México. 105 p.
- JARDEL P. E.; SÁNCHEZ V., L. R. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. *Ciencia y Desarrollo* 14(84): 33-43.
- MILLARES V., A.; VELÁSQUEZ P., C.; DÍAZ P., A. L.; FUENTES M., J. A.; GUTIÉRREZ G., J.; JIMÉNEZ M., J. A. 1998. Dinámica selvícola del pino canario en Tamadaba. *Medio Ambiente Canarias. Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente*. 17(8): s. p.
- SANTILLÁN P., J. 1991. Silvicultura de las coníferas de la región central. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México. 91-121 pp.
- SAS. Institute 1999. Statistical Analysis System V. 80 Cary North Carolina, U. S. A.
- WORMALD T., J. 1975. *Pinus patula*. Tropical Forestry 7. Commonwealth Forestry Institute. UK: Department of Forestry. Oxford. 212 p.