

# EVALUACION DE PLANTACIONES FORESTALES EN TRES COMUNIDADES DE LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA

## ASSESSMENT OF FOREST PLANTATIONS IN THREE COMMUNITIES OF THE MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA REGION

Vásquez-García, I.<sup>1</sup>; Cetina-Alcalá, V.M.<sup>1</sup>; Campos-Bolaños, R.<sup>2</sup>; Casal-Ángeles, L.F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Postgrado en Ciencias Forestales *Campus* Montecillo Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. <sup>2</sup> División de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Chapingo, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. <sup>3</sup> Ferrero de México.

\*Autor de correspondencia: [vgarcia@colpos.mx](mailto:vgarcia@colpos.mx)

### RESUMEN

Se evaluó el porcentaje de supervivencia y crecimiento de plantaciones forestales en tres comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña, México, con un total de 1158 sitios en las áreas reforestadas, los sitios fueron circulares de 80 m<sup>2</sup> (radio 5.04 m) y una intensidad de muestreo del 10%, recopilando los datos en los meses de julio a octubre del año 2013. Para la estimación de supervivencia y densidad, en las tres comunidades, se consideraron los factores de plantación, superficie establecida y edad. Para la estimación del crecimiento se consideraron: promedios de edad, altura, diámetro de copa y diámetro de la base de los árboles seleccionados, calculando el diámetro cuadrático promedio. Se obtuvo la curva del comportamiento de crecimiento en altura en la comunidad de Tlacotepec Plumas empleando el modelo de Shumacher y alturas totales promedio de los árboles muestreados; las curvas de Incremento Medio Anual (IMA) e Incremento Corriente Anual (ICA). La edad en que se cruzan el incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) en la curva de comportamiento calculada fue a los ocho años, recomendándose un primer pre aclareo a los cuatro años (edad del incremento medio anual máximo).

**Palabras clave:** Dasometría, sobrevivencia, crecimiento, reforestación, densidad.

### ABSTRACT

The percentage of survival and growth of forest plantations was assessed in three communities of the Mixteca Alta Oaxaqueña region, México, in 1158 sites throughout the forest areas, with circular sites of 80 m<sup>2</sup> (radius 5.04 m) and an intensity of 10%; data was gathered during the months of July to October, 2013. In order to estimate survival and density in the three communities, the factors of plantation, established surface and age were taken into account. To estimate the growth, the following were considered: age average, height, crown diameter and base diameter of the trees selected, calculating the average quadratic diameter. The curve of the growth behavior in height was obtained in the community of Tlacotepec Plumas, using the Shumacher model and total average heights of the trees sampled; also, the curves of the Mean Annual Increment (MAI) and the Current Annual Increment (CAI). The age at which the mean annual increment (MAI) and the current annual increment (CAI) cross on the behavior curve calculated was eight years, so the first pre-clearing is recommended at four years (age of the maximum mean annual increment).

**Key words:** Dasometry, survival, growth, reforestation, density.

**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 2, febrero. 2016. pp: 12-19.

**Recibido:** octubre 2015. **Aceptado:** enero 2016.



## INTRODUCCIÓN

**En México** se estiman 4,934.87 km<sup>2</sup> de suelos en grado extremo de erosión que representan 0.25% de la superficie del territorio (INEGI, 2014) una de las regiones más afectadas es la Mixteca Alta del estado de Oaxaca, donde se calcula que 70% de los suelos presenta diversos grados de erosión. A través de plantaciones forestales se están recuperando tierras degradadas e incorporando de éstas, nuevas áreas a la producción y capitalización. La evaluación de una plantación, es la aplicación de una técnica para recopilar información y tener elementos de juicio en la toma de decisiones referente a la adaptación de las especies al sitio, así como, su incremento anual, valor económico y uso en futuras plantaciones que muestren condiciones análogas (Muñoz *et al.*, 2009). En materia ambiental, las plantaciones forestales permiten restaurar y recuperar la biodiversidad al disminuir la presión sobre el uso de los recursos forestales naturales, regulan el ciclo hidrológico, la recarga de los acuíferos, calidad del agua y restablecen el hábitat para fauna silvestre, y por ello se consideran buena estrategia para recuperación de áreas perturbadas o degradadas (Rodríguez, 2011; Ruiz *et al.*, 2006). La construcción de curvas de incremento se utiliza ampliamente ya que representa la tendencia del crecimiento en altura de un conjunto de árboles conforme aumente la edad. Los modelos mayormente usados para curvas de crecimiento han sido los modelos de Schumacher y Chapman-Richards, ampliamente recomendados por muchos autores por la calidad del ajuste al que se acerca cada modelo (Arreortua, 2002). El incremento medio anual (IMA), es el promedio anual de crecimiento de un árbol o de una masa durante toda su vida, obtenido por el resultado de dividir las dimensiones de un árbol o de una masa entre su edad. El incremento corriente anual (ICA) es el crecimiento que logra un árbol o una masa forestal en el curso de un año, y se calcula obteniendo la diferencia de las alturas alcanzadas en dos décadas consecutivas dividido entre diez, o bien, derivando la curva del crecimiento en altura (Arteaga, 2003; Vega, 2013). Es por ello que el objetivo general de este estudio fue evaluar el porcentaje de supervivencia y crecimiento de árboles en plantaciones forestales ubicadas en tres comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña, México, con especial énfasis en determinar la problemática de las plantaciones forestales y calcular el crecimiento en altura, longitud de copa y diámetro de árboles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Mixteca Alta de Oaxaca, México, que comprende el noroeste de Guerrero y el oeste de Oaxaca. Esta en un sistema montañoso en el que convergen la Sierra Madre del Sur y Sierra Madre Oriental de Oaxaca; se le conoce como Complejo Oaxaqueño o Nudo Mixteco. La vegetación natural está determinada por la altitud y precipitación, con bosques de pinos, pinos-encinos en tierras altas (altitudes superiores a 2000 m) y precipitación anual de entre 700-1000 mm

(González-Leyva, 2007; Guerrero *et al.*, 2010). La investigación se realizó en plantaciones de las comunidades Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz, San Francisco Teopan y Tlacotepec Plumas de la misma región. En las tres comunidades se establecieron 1158 sitios en áreas reforestadas, con una intensidad de muestreo de 10% en sitios circulares de 80 m<sup>2</sup> (radio de 5.04 m<sup>2</sup>) a 50 m de distancia entre cada unidad.

## Descripción general de las plantaciones

La comunidad de Magdalena Yodocono cuenta con 8.8 ha de reforestación y se evaluó una plantación de un año de *Pinus greggii* Englem. En San Francisco Teopan con 30.7 ha reforestadas se evaluaron dos plantaciones de uno y tres años de *Pinus Oaxacana* Mirov, mientras que en Tlacotepec Plumas con un total de 46 ha reforestadas se evaluaron seis plantaciones de las cuales fueron de uno, dos, ocho y diez años de *Pinus oaxacana* Mirov y dos plantaciones de 4 y 6 años de *Pinus greggii* Englem. El muestreo se realizó de julio a octubre del 2013.

## Cálculo del porcentaje de supervivencia y densidad

Se determinaron los modelos para estimar el comportamiento de variables de interés tales como, diámetro de copa, número de árboles muertos, altura, número de árboles, longitud de copa y diámetro a la base. El cálculo de la supervivencia se extrapoló a una hectárea y a la superficie del área de plantación de acuerdo con la edad, utilizando los datos de árboles vivos, árboles muertos y total de árboles en el sitio. Se calculó la densidad graficando los valores de número de árboles vivos y muertos por hectárea, y por área de plantación versus edad.



### Determinación del comportamiento altura

Para obtener la curva del comportamiento de altura, se tomaron sus valores promedio totales de árboles muestreados y analizaron utilizando el modelo de Schumacher:

$$Y = \beta_0 * e^{[-\beta_1*(1/E)]}$$

Dónde: Y=altura; E=edad; e=2.71828;  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son parámetros de regresión.

### Elaboración de las curvas ICA e IMA

Para obtener la Curva de Incremento Medio Anual (IMA), la función de crecimiento se dividió entre la edad del mismo; con esta ecuación fue posible construir las curvas de incremento para cada curva de altura respecto a la edad. Dado que el IMA es la suma de los incrementos anuales, fue posible elaborar la Curva del Incremento Corriente Anual (ICA) a través de la derivación por cálculo diferencial de la ecuación del crecimiento (Cruz et al., 2010) mediante el siguiente Modelo:

$$ICA = B_0 e^{[-B_1*(1/E)]} * B_1 (1/E^2)$$

e

$$IMA = B_0 e^{[-B_1*(1/E)]} * E^{-1}$$

Dónde: ICA = incremento corriente anual; IMA = incremento medio anual; E=edad; e=2.71828;  $B_0$  y  $B_1$  son parámetros de regresión.

Para evaluar el comportamiento de altura, diámetro de copa, diámetro de base (Cuadro 2), curvas de incremento medio anual (IMA) e incremento Corriente anual (ICA) (Figura 1) se consideraron únicamente las plantaciones de Tlacotepec Plumas por contar con áreas de edades diversas (1, 2, 4, 5, 8, y 10 años) y facilitan los análisis, mientras que para la construcción de las curvas de crecimiento se consideró el modelo más adecuado ya probado para determinar el comportamiento de la altura que fue el de Schumacher el cual ya fue probado por Arreortua (2002):

$$Y = B_0 * e^{[-B_1*(1/E)]}$$

Dónde: Y=altura; E=edad.

Este modelo se corrió en SAS (Statyscal Análisis System), (2004) para calcular los estimadores obteniendo los resultados por edad y por plantación

### Comportamiento del diámetro de copa y determinación de diámetro a la base del arbolado

Con los datos de crecimiento inicial y diámetro a la base se derivaron otras variables a considerar, para las cuales se eligió el siguiente modelo:

$$DB = B_0 e^{-B_1(1/E)}$$

Dónde: DB=diámetro de base;  $B_0$  y  $B_1$ =son parámetros de regresión; E=Edad.

Con el dato del diámetro a la base se calculó el comportamiento del diámetro de copa, por lo que fue necesario calcular el promedio del diámetro de copa en cada comunidad y graficar el diámetro de copa respecto al diámetro a la base para obtener un valor más preciso mediante el modelo:

$$DC = B_0 + B_1(\overline{DQB})$$

Dónde: DC=Diámetro Cuadrático Promedio;  $B_0$  y  $B_1$ =Son parámetros de regresión.

### Comportamiento de la longitud de copa viva

Para estimar el comportamiento de la longitud de copa se eligió el modelo:

$$LC = B_0 + B_1(Alt)$$

Dónde: LC=diámetro de base; Alt=altura;  $B_0$  y  $B_1$ =son parámetros de regresión.

El cálculo de los estimadores y modelos se realizó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los promedios de densidades de plantación, porcentajes de supervivencia y mortandad en plantaciones forestales de las tres comunidades evaluadas en la región de estudio.

Autores como, Torres y Magaña (2001) indican que 60% de supervivencia es aceptable para plantaciones de protección. Por lo anterior se puede considerar que en

**Cuadro 1.** Promedios de densidades de plantación, porcentajes de supervivencia y mortandad en plantaciones de las tres comunidades evaluadas en la región de la Mixteca Alta de Oaxaca, México.

Edad (años)	Sitio	Árbol vivo por sitio	Árbol muerto por sitio	Total	Árboles ha <sup>-1</sup>			Supervivencia (%)	Mortandad (%)
				árboles/sitio	Densidad actual	Árboles muertos	Densidad inicial		
<b>Magdalena Yodocono</b>									
1	229	4.49	6.54	10.99	562.22	817.68	1379.91	40.75	59.64
<b>San Francisco Teopan</b>									
1	354	6.74	4.26	11.00	842.51	532.83	1375.35	61.26	38.75
3	17	9.76	1.35	11.11	1220.58	169.11	1389.70	87.70	12.29
<b>Tlacotepec Plumas</b>									
1	294	5.02	6.10	10.97	625.85	763.60	1389.4	45.40	54.59
2	13	9	2	11	1125	250	1375	81.81	18.18
4	26	9.5	1.5	11	1187.5	187.5	1375	86.36	13.63
5	8	6.5	4.25	10.75	812.5	531.25	1343.75	60.56	39.43
8	188	7.96	3.03	11.005	996.01	378.98	1375	72.35	27.59
10	29	8.72	2.13	10.96	1090.51	267.24	1357.75	79.52	19.52

las plantaciones de las comunidades de San Francisco Teopan y Tlacotepec Plumas con 74.48% y 71% de supervivencia promedio respectivamente un buen nivel de supervivencia y adaptación entre individuos de las plantaciones evaluadas.

La alta supervivencia fue atribuido a la adecuada selección de especies (*Pinus Oaxacana* Mirov y *Pinus greggii* Engelm) ya que están adaptadas a condiciones adversas del medio ambiente, como lo mencionan Ruiz *et al.* (2003), quienes probaron estas mismas especies en la mixteca alta oaxaqueña y en la sierra Norte de Oaxaca, aunque estos mismos autores, registraron mayor supervivencia en Ixtlán de Juárez con *Pinus oaxacana*, debido a que en Ixtlán de Juárez las condiciones ambientales y calidad de suelos son mejores, que en la Mixteca Alta Oaxaqueña.

### Problemática de las plantaciones durante su establecimiento

Dentro de los problemas principales identificados en las plantaciones, se registró que en Tlacotepec Plumas, las hormigas arrieras fueron identificadas como plaga común e importante en todas áreas reforestadas. Estas hormigas acababan con el follaje, provocando la muerte de las plantas. Lo anterior también fue encontrado por Flores *et al.* (2009) en plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis* L.f), coincidiendo también con lo reportado por Gara y Onore (1989) y el CATIE (1991) que-

nes manifiestan que este insecto es una plaga de importancia en árboles de Teca en Ecuador y Centro América. Otros problemas identificados fue falta de espacio y podas mal aplicadas, lo cual afecto el desarrollo y crecimiento como también lo reporta Benítez *et al.* (2002), en su estudio de plantas producidas en viveros que al registrarse falta de espacio para crecimiento entre árboles, se afectó directamente el desarrollo y crecimiento, y según Cuesta y Cuenca (1995) la falta de tratamientos silvícolas o un tratamiento silvícola mal aplicado, causan daños a la planta, como por ejemplo, ubican a la poda como la actividad más dañina. En las tres comunidades estudiadas un problema común fue la falta de cercado en las plantaciones lo que facilitó la invasión de animales domésticos que mordisquean y consumen las puntas y brotes de las plantas. Para evitar lo anterior es necesario cercar ya que se evitan los daños por animales domésticos además de facilitar el control y monitoreo. Smith-Ramírez *et al.* (2015), reportaron que cercando un área natural no solo se protege la plantación de daños causados por animales domésticos si no también se protege la diversidad de especies locales. En Yodocono se observó que los árboles no tenían un cajete para la retención de humedad lo que afecta su desarrollo y supervivencia a largo plazo (Cuadro 1), como lo apuntan Ramírez *et al.* (2011) que mencionan que estas obras permiten penetración de las raíces al subsuelo, promoviendo el almacenamiento de humedad y favore el rápido crecimiento y desarrollo de las plantas.



### Comportamiento de las variables de crecimiento en Tlacotepec Plumas

Para evaluar el comportamiento de altura, diámetro de copa, diámetro de base (Cuadro 2), curvas de incremento medio anual (IMA) e incremento Corriente anual (ICA) (Figura 1) se consideraron únicamente las plantaciones de Tlacotepec Plumas por contar con áreas de edades diversas (1, 2, 4, 5, 8, y 10 años).

El modelo propuesto fue un buen predictor por su R<sup>2</sup> de 0.97, lo que nos indica que los datos obtenidos para estas variables fueron adecuadas para evaluar el desarrollo y crecimiento de las plantaciones bajo estudio.

### Curva de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) en altura

Se analizaron los datos de las plantaciones de pino de la comunidad de Tlacotepec Plumas por tener información de plantaciones con diferentes edades. Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$IMA = 4.68e^{[-7.77*(1/E)]} * E^1$$

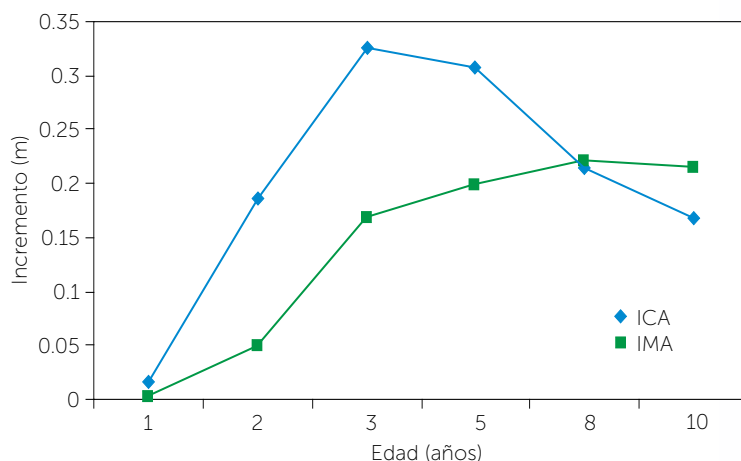
$$ICA = 4.68e^{[-7.77*(1/E)]} * -7.77(1/E^2)$$

y con los valores generados se definió la edad en que se cruzan las curvas (Figura 1).

**Cuadro 2.** Indicadores estadísticos para la gráfica del comportamiento de altura, diámetro de copa y diámetro a la base.

Indicadores estadísticos			
Modelo	Cuadrado medio	F Calculada	Pseudo R <sup>2</sup>
$Y=4.68e^{[-7.77*(1/E)]}$	31899	192.76	0.9797

Dónde: CME=Cuadrado Medio del Error; F cal=Valor de F calculada; R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación.



**Figura 1.** Curvas de incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) en altura en las plantaciones de Tlacotepec Plumas.

Observando las curvas de IMA e ICA, el incremento medio anual (IMA) se presentó a la edad de ocho años (punto de intersección entre curvas) mientras que el ICA máximo ocurrió a los cuatro años para *Pinus oaxacana* y *greggii*. En otro estudio Mendez-Gonzalez (2011), reporta el ICA máximo para *Pinus devoniana* en 9 años y para *Pinus pseudostrobus* a los 8 años en Guanajuato, México. Esto puede deberse a que las especies utilizadas en este estudio son nativas de la región, por lo tanto tienen un mejor desarrollo. La edad a la que se debe realizar el primer pre aclareo es cuatro años, ya que en este tiempo ocurre un incremento corriente anual máximo. Lo cual es importante, ya que según Muñoz *et al.* (2005) el pre aclareo incrementa la tasa de crecimiento en diámetro de los árboles. Además si se retrasa el pre aclareo según Vásquez *et al.* (2015) el efecto del crecimiento en diámetro es lento y la competencia por agua y nutrimentos es alta provocando una plantación de mala calidad.

### Comportamiento de altura, diámetro de copa y diámetro a la base del arbolado

El comportamiento de las variables de crecimiento se modifica conforme aumenta la edad de la plantación. Se calcularon los promedios de las variables de crecimiento para cada comunidad (Cuadro 3).

En Magdalena Yodocono, la altura promedio de las plantaciones evaluadas fue de 14.15 cm; y en San Francisco Teopan de 30 cm en la plantación de un año y de 78 cm en la plantación de 3 años. Dichos valores se consideran buenos de acuerdo con la edad de las plantaciones evaluadas. En Tlacotepec Plumas, en plantaciones de un año,

**Cuadro 3.** Comportamiento de las variables de crecimiento con respecto a la edad en las plantaciones evaluadas de la Mixteca Alta de Oaxaca.

Edad (años)	Dq Promedio	Altura promedio	Dc promedio	Lc promedio	Db Promedio
<b>Magdalena Yodocono</b>					
1	0.65	14.15	7.34	9.33	0.35
<b>San Francisco Teopan</b>					
1	2.02	30.98	18.12	22.98	0.92
3	9.62	78.55	64.91	61.65	2.75
<b>Tlacotepec Plumas</b>					
1	0.91	0.16	0.06	0.11	0.35
2	1.01	0.36	0.21	0.23	0.81
4	2.31	0.72	0.57	0.54	1.94
5	3.41	0.91	0.57	0.67	1.51
8	4.48	1.56	1.05	1.26	3.42
10	6.29	2.32	1.57	2.087	5.22

Dq: diámetro cuadrático; Dc: diámetro de copa; Lc: Longitud de copa; Db: Diámetro de base.

la altura promedio fue de 0.91 m, mientras que para plantaciones de diez años fue de 6.29 m, lo que indicó una relación adecuada entre altura y edad de la plantación. La altura promedio de las plantaciones fue similar a las alturas reportadas por Domínguez *et al.* (2001) en plantaciones de *P. halapensis*, *P. Brutia* y *P. pseudostrobus*. Otro estudio realizado con *Pinus greggii* en Michoacán por Muñoz *et al.* (2012) reportaron valores menores a los registrados en este trabajo en cuanto a altura, diámetro a la base, diámetro de copa y supervivencia. Aunque esta especie no es endémica de Michoacán ni de la Mixteca Oaxaqueña la diferencia de los resultados encontrados quizás se debió a que la elección de la especie no fue la adecuada para la región de Michoacán, sin embargo, se adaptó bien a las condiciones climáticas y edáficas de

la Mixteca Oaxaqueña. La altura y el diámetro de la base de las plantaciones evaluadas en este estudio (Cuadro 3) son similares a las encontradas por De Los Rios *et al.*, (2003) en plantaciones de *P. pinceana*, *P. cembroides* y *P. nelsonii* en el nordeste de México. Lo que indica que las plantaciones evaluadas de acuerdo a su edad, tienen un adecuado crecimiento y desarrollo (Figura 2, 3).

## CONCLUSIONES

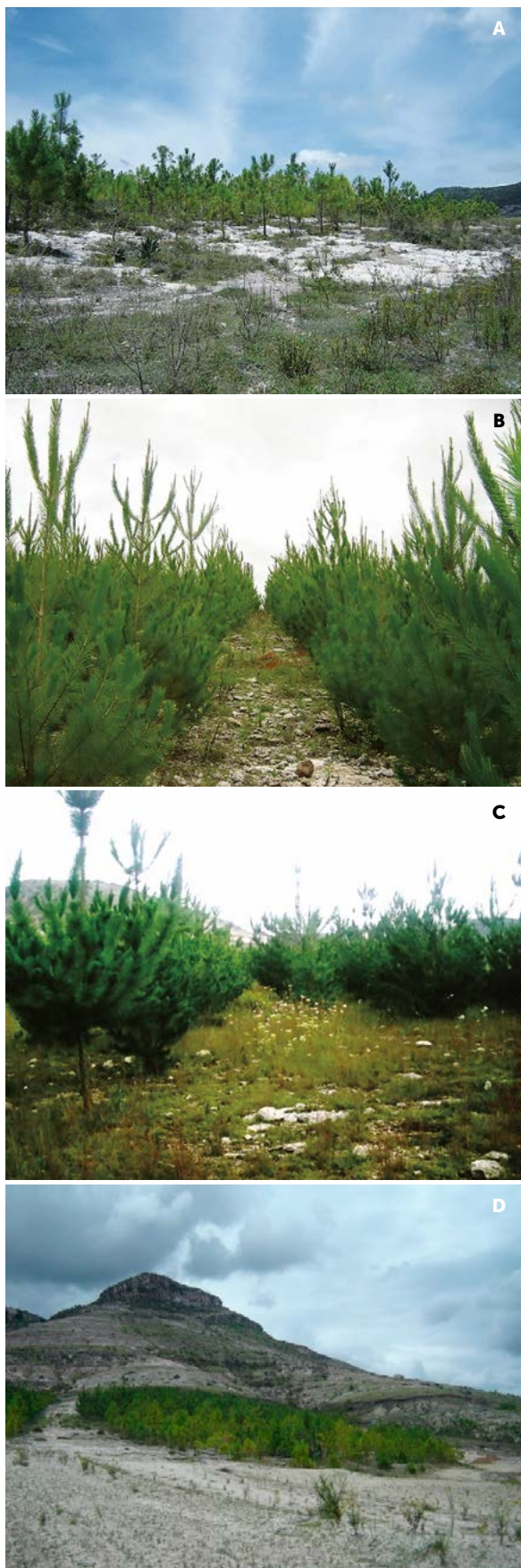
En Magdalena Yodocono la supervivencia en la plantación de un año fue de 40.75% con densidad de 562

árboles, lo que indicó una supervivencia aceptable. En San Francisco Teopan la supervivencia fue de 74.48% con densidad de 1031 árboles en promedio, y buena supervivencia, mientras que en Tlacotepec Plumas, la supervivencia promedio general fue de 71% con densidad de 973 árboles y baja mortalidad en los primeros años de establecimiento. El comportamiento en altura mostró una tendencia positiva relacionada directamente con el factor edad en los primeros años de establecimiento de la plantación. La edad en que se cruza el incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA), en la curva de comportamiento en altura fue a los ocho años, recomendándose un primer pre aclareo a los cuatro años (edad del incremento medio anual máximo).



**Figura 2.** Plantación forestal de un año de edad en San Francisco Teopan, Oaxaca, México.





**Figura 3.** Plantaciones forestales en Tlacotepec plumas, Oaxaca, México. A-D: Plantaciones de 3, 5, 8 y 10 años respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Arteaga M., B. 2003. Evaluación dasométrica de una plantación de *Pinus* spp., en Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 5(1):27-32
- Arreortua G.C. 2002. Evaluación del comportamiento de la regeneración de *Pinus Patula* Schl et Cham, en masas forestales de Calpulalpan de Méndez, Ixtlán, Oaxaca. Memoria de Residencia Profesional. Oaxaca. p. 118.
- CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza). 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Manual de consulta. Turrialba, Costa Rica. 187 p.
- Cruz L.I.A., Valdez L.J.R., Ángeles P.G. y H. M. Santos P. 2010. Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo Madera y Bosques 16(3):75-97.
- Cuesta A.M.J., Cuenca A.D. 1995. Aproximación a las afecciones (plagas y enfermedades) del olivo cultivado, *Olea europea sativa*, en el Subbético. *Bol. San. Veg. Plagas* 21:239-550.
- De los Ríos E., De Hoogh R., Domínguez P.A., Nívar J. 2003. Ensayos de procedencias con pinos piñoneros en el nordeste de México. Congreso forestal mundial XII, ciudad de Québec, Canadá. 6 p.
- Domínguez C.P.A., Nívar Ch.J. de J., Loera O.J.A. 2001. Comparación en el rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo Leon.
- Durán R.F. 2008. Manual práctico de reforestación. Editorial, Grupo Latino. Colombia. 950 p.
- Flores V.F., Crespo G.R., Cabezas G.F. 2009. Plagas y enfermedades en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f) en la zona de Balzar, provincia del guayas. *Ciencia y Tecnología* 3(1): 15-22.
- Gara R., Onofre G. 1989. Entomología Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Proyecto DINAFA. AID. Quito, Ecuador. 267 p.
- González-Leyva A. 2007. Geografía, lingüística, arqueología e historia de la Mixteca Alta antes de la conquista española. pp: 45-66. *In: Knauth, L. (ed.), Un saber histórico para el futuro. Anuario de Historia. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Guerrero A.R., Jiménez H.E. y R. Santiago H. 2010. La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno. *Ciencia y Mar* XIV (40):61-68.
- INEGI. 2014. Erosión de suelos en México. Boletín de prensa Núm. 295/14. 14 de julio de 2014 Aguascalientes, Ags. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2014/Julio/comunica1.pdf> Fecha de consulta: 30 Marzo 2015.
- Muñoz F.H.J., Coria A.V.M., García S. J.J. y M. Balam C. 2009. Evaluación de una plantación de tres especies tropicales de rápido crecimiento en Nuevo Urecho, Michoacán. *Rev. Mex. Ciencias For.* 34(106):61-87.
- Muñoz F.H.J., Coria A.V.M., García S.J.J.J., Velasco B.E., Martínez M.G. 2012. Evaluación de una plantación de *Pinus greggii* Engelm con dos espaciamientos *Rev. Mex. Ciencias For.* 3 (11): 57-70
- Méndez-González J., Luckie-Navarrete L., Capó-Arteaga M.A., Nájera-Luna A. 2011. Ecuaciones alométricas y estimación de incrementos en biomasa aérea y carbono en una plantación mixta de *Pinus devoniana* lindl y *P. pseudostrobus* lindl., en Guanajuato, México. *Agrociencia* vol.45 no.4 479 -491
- Ramírez L.A., Navarro G.H. y V. M. Cetina A. 2011. Experiencia organizativa para la reforestación con *Pinus oaxacana* mirov. En suelos degradados de la mixteca oaxaqueña. *Rev. Mex. Cien. For.* 2(7):57-70.
- Rodríguez T.D.A. 2011. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México. 156 p.

- Ruano M.J.R. 2008. Viveros forestales. Mundi-Prensa. 2ª ed. Madrid, España. 285 p.
- Ruiz A.V., Gómez C.M., Valencia M.S., Cornejo O.E.H. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Departamento forestal UAAAN. 435-440.
- Ruiz V.J., Bravo E.M., Loeza R.G. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. Terra 19: 89-95.
- Smith-Ramírez C., González E.M., Echeverría C., Lara A. 2015. Estado actual de la Restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos. Anales Instituto Patagonia (Chile). Vol. 43(1):11-21.
- Vásquez G.I., López L.M.A., Ángeles P.G., Trinidad S., Jiménez C., Aguilar B.G. 2015. Aclareo y fertilización química en la productividad primaria neta de plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. Et Cham. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol.6 (31): 82-93
- Vega A.A. 2013. Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtlas, Veracruz. Maestría en Ciencias. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 104 p.

