

EVALUACIÓN DE PROCEDENCIAS DE *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. EN PLANTACIONES DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA

ASSESSMENT OF *Pinus greggii* Engelm. ex Parl PROVENANCES IN PLANTATIONS OF THE OAXACAN MIXTECA

Vicente Arturo Velasco-Velasco¹, José Raymundo Enríquez-del Valle^{1*}, Gerardo Rodríguez-Ortiz¹,
Gisela Virginia Campos-Ángeles¹, Martín Gómez-Cárdenas² y María Luisa García-García¹

RESUMEN

Se evaluaron 13 procedencias de *Pinus greggii* en dos plantaciones de siete años de edad establecidas en 1997 en Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán en la Mixteca de Oaxaca. El diseño experimental fue de bloques completos aleatorios con arreglo factorial 2 x 13 (localidades por procedencias). La unidad experimental constó de nueve individuos y se tuvieron 12 repeticiones. Los árboles de las 13 procedencias ubicados en Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán tuvieron en promedio 4.7 y 3.7 m de altura, 12.3 y 9.7 cm de diámetro basal, 7.4 y 4.8 cm de diámetro normal, 12.3 y 10.8 interverticilos; el incremento corriente anual (ICA) fue: 0.73 y 0.47 m de altura; 1.96 y 1.51 cm de diámetro basal; 1.12 y 1.03 interverticilos, respectivamente. Los suelos de ambas localidades registraron un pH de 7.6 y 8.1; así como 0.16 y 0.08% de nitrógeno, respectivamente. Las procedencias del centro del país: Comunidad Durango, Zimapán, Hidalgo, El Madroño, Querétaro, El Piñón y Molango, Hidalgo mostraron 1.18, 1.14, 1.10 y 0.99 cm de incremento medio anual (IMA) en diámetro normal; magnitudes significativamente no diferentes entre sí, pero mayores a los 0.64 a 0.66 cm de IMA en diámetro normal de los pinos cuyo origen corresponde del material del norte: Jame, Puerto Los Conejos y Los Lirios, Coahuila y Galeana, Nuevo León. El crecimiento superior de los individuos de las primeras tres procedencias indica los lugares de donde conviene coleccionar las semillas de *P. greggii*, para futuras plantaciones en algunas localidades de la Mixteca Oaxaqueña.

Palabras clave: Ensayo de procedencias, fertilidad del suelo, incremento corriente anual, incremento medio anual, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., plantación forestal.

ABSTRACT

Some characteristics of 13 provenances of seven year-old *Pinus greggii*, planted in 1997 were evaluated in Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán in the Mixteca of Oaxaca. A 2 x 13 factorial arrangement (communities for provenances) was used under a completely randomized blocks design with 12 replications and 9 individuals per experimental unit. Trees in Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, had 4.7 and 3.7 m height, 12.3 and 9.7 cm of basal diameter, 7.4 and 4.8 cm of diameter at breast height and 12.3 and 10.8 nodes; current annual increment (CAI) was 0.73 and 0.47 m in height; 1.96 and 1.51 cm in basal diameter; 1.12 and 1.03 growth cycles, respectively. Soils of Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán had pH of 7.6 and 8.1, respectively, as well as 0.16 and 0.08% nitrogen. Provenances from central Mexico, Comunidad Durango, Zimapán, Hidalgo State; El Madroño, Queretaro State; El Piñón and Molango, Hidalgo, showed 1.18, 1.14, 1.10 and 0.99 cm, of mean annual increment (MAI) of diameter at breast height, magnitudes are not significantly different, but greater than 0.64 and 0.66 cm of MAI in diameter at breast height of provenances from the north of Mexico: Jame, Puerto Los Conejos and Los Lirios, Coahuila and Galeana, Nuevo León. The upper growth of trees of the first three provenances indicates the sites where *Pinus greggii* seeds could be collected for future plantations in some communities of the Oaxacan Mixteca.

Key words: Provenance traits, soil fertility, current annual increment, mean annual increment, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., forest plantation.

Fecha de recepción: 22 de abril de 2010.

Fecha de aceptación: 14 de febrero de 2012.

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Correo-e: jenriquezdelvalle@yahoo.com

²C.E. Valles Centrales. CIR-Pacífico Sur. INIFAP.

INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales proveen de bienes y servicios a la sociedad que los demanda. Su aprovechamiento y mal manejo, el cambio de uso del suelo, las plagas y enfermedades, entre otras causas han propiciado la pérdida de áreas de bosque, con resultados negativos como el aumento de la erosión, la reducción de la capacidad del suelo para retener agua y la extinción de especies animales y vegetales. En la Mixteca Alta Oaxaqueña, 80% de la superficie carece de cubierta vegetal arbórea y en consecuencia tiene diferentes grados de erosión. En las comunidades rurales Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, aproximadamente, la tercera parte de la superficie presenta deterioro irreversible, esto es, ausencia total del suelo y carencia de la vegetación original. En el área restante hay zonas aisladas con indicios de su existencia, las cuales están constituidas por angiospermas: *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Ipomoea arborea* L., *Diospyros edulis* Lood. ex Sweet y encinos: *Quercus acutifolia* Née, *Q. castanea* Née, *Q. glaucoides* M. Martens & Galeotti, *Q. magnoliifolia* Née, *Q. obtusata* Humb. & Bonpl. y *Q. peduncularis* Née; así como gimnospermas: *Pinus oaxacana* Mirov, *Juniperus flaccida* Schldtl. (García *et al.*, 1994).

Si se requiere reforestar, conviene realizar ensayos de procedencias con taxa de origen geográfico y fuente parental conocidas con el propósito de seleccionar la especie arbórea adecuada para cada región (López *et al.*, 1993; Kara *et al.*, 1997). Este tipo de investigación define, en gran parte, el éxito que se logre en las plantaciones forestales, pues pretende determinar los componentes genéticos y ambientales a partir de la variación fenotípica entre individuos de diferentes orígenes geográficos; así como, la capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales (Muller-Starck *et al.*, 1992; Alba *et al.*, 1998; Parraguirre-Lezama *et al.*, 2004). El objetivo del presente estudio fue evaluar diversas características dasométricas asociadas al crecimiento de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. a los siete años de haber sido plantadas en dos comunidades de la Mixteca Alta de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

Las plantaciones de *Pinus greggii* se establecieron en terrenos comunales de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, en los Distritos de Coixtlahuaca y Nochixtlán, respectivamente, en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Tlacotepec Plumas se localiza a 17° 51' de latitud norte, 97° 26' de longitud oeste y 2,160 msnm. El clima en esta localidad es BS_kkw(w)(i)g: semiseco templado, con lluvias en verano, precipitación media anual de

INTRODUCTION

Forest resources provide some of the goods and services which society demands. Its harvest and bad management, land-use change, plagues and diseases, among other causes, have favored loss of woods, with negative results such as erosion increment, reduction of the ability of soil to retain water and extinction of animal and plant species. In the Oaxacan High Mixteca, 80% of the area lacks any forest cover and, consequently, suffers erosion at different levels. Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, both rural communities, one third of their area has irreversible damage, that is, total absence of soil and lack of the original vegetation. In the rest of the area there are isolated zones with signs of their existence, which are made up by angiosperms, such as *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Ipomoea arborea* L., *Diospyros edulis* Lood. ex Sweet and oaks: *Quercus acutifolia* Née, *Q. castanea* Née, *Q. glaucoides* M. Martens & Galeotti, *Q. magnoliifolia* Née, *Q. obtusata* Humb. & Bonpl. y *Q. peduncularis* Née as well as gymnosperms: *Pinus oaxacana* Mirov and *Juniperus flaccida* Schldtl. (García *et al.*, 1994).

If reforestation is necessary, it is convenient to do some essays of provenance with taxa of known geographic origin and parental source in order to select the right tree species for each region (López *et al.*, 1993; Kara *et al.*, 1997). This kind of research defines, in a great proportion, the success in forest plantations, as it pretends to determine the genetic and environmental elements, starting from a phenotypic variation among individuals from different geographic origins, as well as the ability to adapt to different environments (Muller-Starck *et al.*, 1992; Alba *et al.*, 1998; Parraguirre-Lezama *et al.*, 2004). The aim of the actual study was to assess several tree characteristics associated of growth of 13 *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. provenances after 7 years of having been planted in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

MATERIALS AND METHODS

Study area

Pinus greggii plantations were established in communal lands of Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, in Coixtlahuaca and Nochixtlán Districts, respectively, in the High Oaxacan Mixteca. Tlacotepec Plumas is located at 17° 51' north, 97° 26' west and at 2,160 m asl. Climate is BS_kkw(w)(i)g: mild semidry, with summer rains, mean annual precipitation of 614 mm and less than 5 % of total precipitation in winter. Annual mean temperature, 16 °C, with thermal monthly oscillation between 5 and 7 °C; temperature of the coldest month, above 5 °C and that of the hottest month, above 18 °C. Magdalena Zahuatlán is at 17° 22' north, 97° 12' west and at 2,150 m asl. Climate is C(w₀)(w)big, mild subhumid with summer rains, that belongs to the driest of the mild subhumid, 650 mm mean annual precipitation

614 mm y en invierno ocurre menos del 5% de la precipitación total. La temperatura media anual es de 16 °C con oscilación térmica mensual entre 5 y 7 °C, la temperatura del mes más frío es mayor de 5 °C y la del mes más caliente superior a 18 °C. Magdalena Zahuatlán se ubica a 17° 22' de latitud norte, 97° 12' de longitud oeste y 2,150 msnm. Su clima C(w₀)(w)big, templado subhúmedo con lluvias en verano, que corresponde al más seco de los templados subhúmedos, con 650 mm de precipitación media anual y en el invierno hay menos de 5% de la precipitación total. La temperatura media anual es de 15 °C, isoterma, la temperatura del mes más frío de 13 a 14 °C y el mes más caliente tiene lugar antes de junio (García, 1973; INEGI, 1988; Castellanos y Ruiz, 1993).

Fisiografía y suelo

Ambas comunidades se asientan en las serranías de Nochixtlán y Peñoles, agrupadas en el Nudo Mixteco, el cual está incluido en la provincia Mixteca Alta y en parte de las subprovincias Sierras Centrales de Oaxaca y Sierra Sur de Puebla (SEMARNAT, 2004). La topografía predominante corresponde a lomeríos con pendiente media del 25%. En la mayor parte de la región Mixteca Alta Oaxaqueña el suelo predominante es de tipo litosol, calizo, pedregoso, con profundidad menor de 10 cm, de textura pesada a media, pobre en contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, con pH de 7.5 a 8.8. Los análisis de suelo en cada comunidad muestran que la concentración de Ca es alta, por lo que su color es blanco y el pH es ligera (7.66) y medianamente (8.12) alcalino en Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, respectivamente (Cuadro 1) (INIA, 1981).

Procedencias de *Pinus greggii* y su establecimiento en campo

Se utilizaron 13 procedencias de *Pinus greggii* de diferentes sitios de la república mexicana: 1) El Madroño y 2) Tres Lagunas, de Querétaro; 3) Comunidad Durango, 4) El Piñón, 5) Molango, 6) Laguna Azteca y 7) Xochicoatlán, del estado de Hidalgo; 8) Puerto San Juan, 9) Santa Anita, 10) Jame, 11) Puerto Conejos y 12) Los Lirios, de Coahuila, y 13) Galeana, de Nuevo León. La ubicación y características del sitio se muestran en el Cuadro 2. Personal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) realizó las plantaciones de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán en 1997. Los árboles se establecieron con el sistema de cepa común de 40 x 40 x 40 cm, bajo distribución tresbolillo, a espaciamiento de 3.0 m entre plantas e hileras y se siguieron curvas a nivel. Se usó el diseño de tratamientos 2 x 13, comunidades por procedencias de *Pinus*, respectivamente, enmarcados en el diseño experimental de bloques completos aleatorios con 12 repeticiones. La unidad experimental constó de nueve individuos (Castellanos y Ruiz, 1993).

and less than 5 % of total precipitation in winter. Annual mean temperature is 15 °C, isothermal, coldest temperature from 13 to 14 °C and the hottest month occurs before June (García, 1973; INEGI, 1988; Castellanos and Ruiz, 1993).

Physiography and soil

Both communities are placed nearby Nochixtlán and Peñoles mountain ranges, grouped into the Nudo Mixteco, which belongs to the High Mixteca province and to the Sierras Centrales de Oaxaca and Sierra Sur de Puebla subprovinces (SEMARNAT, 2004). The prevailing topography is described by hills with 25% of average slope. In the greatest part of the High Oaxacan Mixteca, soil is Litosol, limestone, rocky, with depth under 10 cm, of heavy to medium texture, poor in organic matter content, nitrogen and phosphorous, with pH between 7.5 and 8.8. Soil analyses in each community show that Ca concentration is high, which makes them of white color and pH is lightly (7.66) and mildly (8.12) alkaline in Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, respectively (Table 1) (INIA, 1981).

Pinus greggii provenances and their establishment in the field

Thirteen *Pinus greggii* provenances of different places of Mexico were tested: 1) El Madroño and 2) Tres Lagunas, from Querétaro State; 3) Comunidad Durango, 4) El Piñón, 5) Molango, 6) Laguna Azteca and 7) Xochicoatlán from Hidalgo State; 8) Puerto San Juan, 9) Santa Anita, 10) Jame, 11) Puerto Conejos and 12) Los Lirios, from Coahuila State and 13) Galeana, from Nuevo León State. In Table 2 are described the sites of each provenance. Technicians of INIFAP carried out the plantations of Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán in 1997. Trees were established in a 40 x 40 x 40 cm zig-zag design at 3.0 m between plants and rows and following contour lines. A 2 x 13 treatments design was used, communities by provenances of *Pinus*, respectively, framed into completely random blocks experimental design with 12 replications. The experimental unit was made up of 9 individuals (Castellanos and Ruiz, 1993).

Field data record

The following variables were measured in the two plantations during 2004: 1) height (ALTO4), 2) diameter at the base (DBO4), 3) normal diameter (DNO4), 4) interverticle number (INVERTO4), which was obtained from counting the spaces between one verticle and the other. From the mensuration data were determined current annual increments in height (ICAalt), basal diameter (ICAdb), number of interverticles (ICAinvert); and mean annual increment in height (IMAalt), normal diameter (IMAdn), number of interverticles (IMAinvert) and basal area (IMAab), according to the procedure described by Wang *et al.* (2005) and Carrillo (2008). Data were subjected to an analysis of variance and Tukey's test.

Cuadro 1. Análisis químicos de los suelos de Tlacotepec Plumas, Coixtlahuaca y Magdalena Zahuatlán, Nochixtlán, Oaxaca.

Table 1. Chemical analyses of the soils of Tlacotepec Plumas (TP), Coixtlahuaca and Magdalena Zahuatlán (MZ), Nochixtlán, Oaxaca State.

| Característica | TP | Interpretación | MZ | Interpretación |
|---|-------|---|-------|---|
| Potencial de hidrógeno | 7.66 | Ligeramente alcalino (Moreno, 1978) | 8.12 | Medianamente alcalino (Moreno, 1978) |
| Materia orgánica (%) | 2.80 | Medianamente rico (Moreno, 1978) | 2.68 | Medianamente rico (Moreno, 1978) |
| Fósforo (mg kg ⁻¹) | 16.50 | Alto (CSTPA, 1980) | 13.10 | Alto (CSTPA, 1980) |
| Nitrógeno total (%) | 0.16 | Medianamente rico (Moreno, 1978) | 0.08 | Medianamente pobre (Moreno, 1978) |
| Potasio (Cmol (+) kg ⁻¹) | 0.46 | Medio (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) | 0.28 | Bajo (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) |
| Calcio (Cmol (+) kg ⁻¹) | 25.56 | Alto (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) | 23.81 | Alto (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) |
| Magnesio (Cmol (+) kg ⁻¹) | 1.48 | Medio (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) | 1.71 | Medio (Etchevers <i>et al.</i> , 1971) |
| Capacidad de intercambio catiónico (Cmol (+) kg ⁻¹) | 28.24 | Alta (Castellanos <i>et al.</i> , 2000) | 26.69 | Alta (Castellanos <i>et al.</i> , 2000) |
| Saturación de bases (%) | 99.32 | Alto (Castellanos <i>et al.</i> , 2000) | 98.80 | Alto (Castellanos <i>et al.</i> , 2000) |

TP = Tlacotepec Plumas; MZ = Magdalena Zahuatlán

Cuadro 2. Características generales de los ambientes de las 13 procedencias utilizadas en el estudio.

Table 2. Description of the environment of the 13 provenances considered in the actual study.

| Procedencia | Latitud norte | Longitud oeste | Altitud (msnm) | Temp. (°C) | Precipitación total anual | pH del suelo |
|---|---------------|----------------|----------------|------------|---------------------------|--------------|
| 1. El Madroño, Qro [§] | 21° 16' | 99° 10' | 1650 | 17 | 737 | 4.5 |
| 2. Tres Lagunas, Qro [§] | 21° 20' | 99° 08' | -- | 17 | 722.8 | |
| 3. Comunidad Durango, Hgo [§] | 20° 46' | 99° 23' | 1850 | 17 | 1100 | 6.0 |
| 4. El Piñón, Hgo [§] | 20° 56' | 99° 12' | 1830 | 17 | 700 | 6.2 |
| 5. Molango, Hgo [§] | 20° 49' | 98° 46' | 1200 | 17 | 1750 | 4.4 |
| 6. Laguna Atezca, Hgo [§] | 20° 49' | 98° 46' | 1330 | 20 | 1438 | 4.5 |
| 7. Xichicoatlán, Hgo [§] | 20° 47' | 98° 40' | 1700 | 17 | 1625 | 4.5 |
| 8. Puerto San Juan, Coah [†] | 25° 25' | 100° 33' | 2650 | 16 | 600 | 6.1 |
| 9. Santa Anita, Coah [†] | 25° 27' | 100° 34' | 2500 | 16 | 600 | 6.8 |
| 10. Jamé, Coah [†] | 25° 21' | 100° 36' | 2450 | 16 | 600 | 7.2 |
| 11. Puerto Conejos, Coah [†] | 25° 28' | 100° 34' | 2450 | 16 | 600 | 6.0 |
| 12. Los Lirios, Coah [†] | 25° 23' | 100° 34' | 2400 | 16 | 600 | 7.4 |
| 13. Ejido 18 de Marzo, Galeana, N.L. [†] | 24° 56' | 100° 10' | 2100 | 15 | 650 | 7.1 |

[§]Estado del centro y [†]norte de México; Qro=Querétaro; Hgo= Hidalgo; Coah= Coahuila; N.L.= Nuevo León.

[§]Central state and [†]North of México; Qro=Querétaro State; Hgo= Hidalgo State; Coah= Coahuila State; N.L.= Nuevo León State.

Registro de datos en campo

En 2004, en las dos plantaciones se midieron las siguientes variables: 1) altura (ALTO4), 2) diámetro de base (DBO4), 3) diámetro normal (DNO4), 4) número de interverticilos (INVERTO4), este último se obtuvo al contabilizar los espacios que existen entre un verticilo y otro. A partir de los datos dasométricos se derivaron incrementos corrientes anuales en altura (ICAalt), diámetro basal (ICAdb), número de interverticilos (ICAinvert) e incrementos medios anuales en altura (IMAalt), diámetro normal (IMAadn), número de interverticilos (IMAinvert) y área basal (IMAab); de acuerdo al procedimiento descrito por Wang *et al.* (2005) y Carrillo (2008). Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de Tukey para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran la importancia de realizar pruebas de procedencias para establecer plantaciones forestales, pues existieron diferencias de crecimiento de los árboles entre las dos comunidades. También, las plantas exhibieron variaciones significativas de tamaño, siete años después de establecidas. Lo anterior coincide con los resultados de Valencia *et al.* (2006), quienes evaluaron ensayos similares a los 2.5 años de haberlos iniciado en las comunidades de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, y obtuvieron una supervivencia promedio de 95.8 y 94.1%, respectivamente. Estos valores son superiores a los evaluados en sitios marginales de Nuevo León, donde se determinó una supervivencia de 48% y mejor crecimiento en altura y diámetro basal para procedencias locales de *Pinus greggii* (Domínguez *et al.*, 2001). De la misma manera, las condiciones ambientales edáficas, principalmente, en la comunidad de Tlacotepec influyeron en las plantas para que durante ese periodo todas las procedencias tuvieran mayor crecimiento que los árboles de Zahuatlán.

Altura del árbol, diámetro de base, diámetro normal y número de interverticilos

Los árboles mostraron crecimiento diferente en función del ambiente en que se establecieron, ya que en Tlacotepec Plumas y en Magdalena Zahuatlán registraron en promedio magnitudes significativamente diferentes: 4.73 y 3.33 m de altura; 12.34 y 9.71 cm de diámetro en la base; 7.48 y 4.78 cm de diámetro normal así como 12.34 y 10.84 interverticilos, respectivamente (cuadros 3 y 4). En las dos localidades, los pinos originados de las semillas colectadas en la parte central de la república mexicana (Querétaro e Hidalgo) presentaron promedios superiores en las variables anteriores, a los correspondientes de los pinos originados del material procedente del norte del país (Coahuila y Nuevo León). Dicho contraste entre las procedencias del norte y centro del país ha

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the actual study reveal the importance of making provenance tests to establish forest plantations since there were growth differences in trees between both communities. Also, plants showed significant size variations 7 years after they were established. This is coincidental with the results of Valencia *et al.* (2006), who assessed similar essays after 25 years from having started them in Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, with average survivals of 95.8 and 94.1%, respectively. These numbers are higher than those assessed in marginal places of Nuevo León State, where 48% of survival was determined and a better height and diameter growth for local provenances of *Pinus greggii* (Domínguez *et al.*, 2001). In this same way, mainly in Tlacotepec, the environmental soil conditions influenced the plants during that time in such a way that all the provenances had a more important growth than the trees of Zahuatlán.

Tree height, basal diameter, normal diameter and number of interverticiles

Trees showed different grown according to the environment in which they were established, since in Tlacotepec Plumas and in Magdalena Zahuatlán the average dimensions that were registered were significantly different: 4.73 and 3.33 m high; 12.34 and 9.71 cm of basal diameter; 7.48 and 4.78 cm of normal diameter and, 12.34 and 10.84 interverticiles, respectively (tables 3 and 4). In both locations, the pines that came from seeds collected in the central part of the country (Querétaro and Hidalgo states) showed higher average numbers in the formerly mentioned variables than those of the pines from seeds collected at the north (Coahuila and Nuevo León states). Such a contrast between northern and central provenances has been found in other studies (López *et al.*, 2000; Aldrete *et al.*, 2005). The pines from Comunidad Durango, Hidalgo State, reached the tallest size (5.07 m), basal diameter (14.02 cm), normal diameter (8.25 cm) and interverticiles (12.81) (tables 3 and 4).

Current annual increments (CAI) and mean annual increment (MAI)

The plantation of Tlacotepec Plumas reached current annual increments of 0.73 m in height, 1.96 cm in diameter and 1.12 in interverticiles. This was significantly superior (Tukey, $p < 0.05$) to CAI of 0.17 m in height, 1.15 cm in diameter and 1.03 in interverticiles that showed the trees of Magdalena Zahuatlán during the period from 1999 to 2001 (Table 1). In the plantations of Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán significant differences were determined (Tukey, $p < 0.05$) of mean annual increment (0.68 m and 0.47 m), normal diameter (1.07 cm and 0.69 cm), number of interverticiles (1.76 and 1.55) and basal area ($0.7999 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and $0.4332 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectively) (tables 5, 6 and 7). The mean annual increment

sido determinado en otros estudios (López *et al.*, 2000; Aldrete *et al.*, 2005). Los pinos de Comunidad Durango, Hidalgo, alcanzaron las mayores altura (5.07 m), diámetro de base (14.02 cm), diámetro normal (8.25 cm) e interverticilos (12.81) (cuadros 3 y 4).

(MAI) from the forest mass obtained along its whole life, it is a reflexion of all the interactions that take place among the biotic and abiotic components of the stand (Gundale *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Altura, incremento corriente anual en altura (ICAH) y diámetro normal de árboles de 13 procedencias de *P. greggii* de siete años de edad, en dos comunidades de la Mixteca Alta de Oaxaca.

Table 3. Height, current annual increment in height (ICAH) and normal diameter of trees from 13 seven- year-old *P. greggii* provenances in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

| Proc | Altura (m) | | | ICAH (m año ⁻¹) | | | Diámetro normal (cm) | | |
|-----------------|------------|-------|---------|-----------------------------|--------|----------|----------------------|-------|---------|
| | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom |
| 1 [§] | 5.7 | 4.4 | 5.0 a | 0.90 | 0.63 | 0.77 a | 9.6 | 6.4 | 8.0 a |
| 2 [§] | 5.8 | 3.6 | 4.7 ab | 0.87 | 0.50 | 0.69ab | 8.9 | 4.8 | 6.8 abc |
| 3 [§] | 5.9 | 4.3 | 5.1 a | 0.88 | 0.59 | 0.74 a | 9.5 | 7.1 | 8.3 a |
| 4 [§] | 5.8 | 3.9 | 4.8 a | 0.88 | 0.54 | 0.71 a | 9.4 | 6.1 | 7.8 a |
| 5 [§] | 5.5 | 3.7 | 4.6 ab | 0.82 | 0.50 | 0.66 ab | 8.7 | 5.2 | 6.9 ab |
| 6 [§] | 5.5 | 3.7 | 4.6 ab | 0.84 | 0.50 | 0.67 ab | 8.3 | 5.0 | 6.7 abc |
| 7 [§] | 4.9 | 3.7 | 4.3 abc | 0.80 | 0.50 | 0.65 abc | 8.2 | 5.3 | 6.7 abc |
| 8 [†] | 4.7 | 2.9 | 3.8 bcd | 0.70 | 0.40 | 0.55 bcd | 7.5 | 4.3 | 5.9 bc |
| 9 [†] | 3.6 | 3.3 | 3.5 cd | 0.57 | 0.47 | 0.52 cd | 5.3 | 4.9 | 5.1 cd |
| 10 [†] | 3.7 | 2.6 | 3.1 d | 0.56 | 0.36 | 0.47 d | 5.4 | 3.7 | 4.6 d |
| 11 [†] | 3.6 | 2.4 | 3.0 d | 0.56 | 0.32 | 0.44 d | 5.7 | 3.2 | 4.5 abc |
| 12 [†] | 3.4 | 2.5 | 2.9 d | 0.51 | 0.35 | 0.43 d | 5.4 | 3.9 | 4.6 d |
| 13 [†] | 3.5 | 2.5 | 2.9 d | 0.55 | 0.34 | 0.44 d | 5.4 | 3.6 | 4.5 d |
| Pro | 4.7 a | 3.3 b | | 0.73a | 0.47 b | | 7.5 a | 4.9 b | |

[§]Procedencias del centro y [†]norte de México; Proc.=procedencia; TP= Tlacotepec Plumas; MZ= Magdalena Zahuatlán; Pro= promedio. Valores con las mismas letras no son estadísticamente diferentes (Tukey, p 0.05) en: 1) cada columna de promedios y 2) entre las dos comunidades para cada variable.

[§]Provenances of Central and [†]North Mexico. Proc.=procedencia; TP= Tlacotepec Plumas; MZ= Magdalena Zahuatlán; Pro= average. Values with the same letters are not statistically different (Tukey, p 0.05) in: 1) the column with average values and 2) between the two communities for each variable.

Incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA)

La plantación de Tlacotepec Plumas alcanzó incrementos corrientes anuales de 0.73 m en altura, 1.96 cm en diámetro y 1.12 en interverticilos. Esto fue significativamente mayor (Tukey, p 0.05) al ICA de 0.47 m en altura, 1.15 cm en diámetro y 1.03 en interverticilos que presentó el arbolado de Magdalena Zahuatlán durante el periodo de 1999 a 2004 (Cuadro 4). En las plantaciones de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán se determinaron diferencias significativas (Tukey, p 0.05) de incremento medio anual en altura (0.68 m y 0.47 m), diámetro normal (1.07 cm y 0.69 cm), número de interverticilos (1.76 y 1.55) y área basal (0.7999 m² ha⁻¹ y 0.4332 m² ha⁻¹, respectivamente) (cuadros 5, 6 y 7). El promedio anual de crecimiento (IMA) obtenido por la masa forestal en toda su vida es el reflejo de todas las interacciones ocurridas entre los componentes bióticos y abióticos del rodal (Gundale *et al.*, 2005).

During its seven years of development, the plants of the provenance of Comunidad Durango, Hidalgo reached the greatest mean annual increments in height (0.72 m year⁻¹), normal diameter (1.18 cm year⁻¹), 1.83 interverticilos year⁻¹ and 0.00090 m² year⁻¹ of basal area (tables 5, 6 and 7). These results are lower than those of Salazar *et al.* (1999) who registered an average annual growth rate in height of 2.16 m in southern provenances of *P. greggii* and an average of 4.0 cycles of growth at the center of the country. El Madroño, Querétaro, El Piñón, Molango and Comunidad Durango, Hidalgo, showed the highest values, which suggests that these four provenances could be the best places to collect seeds of *Pinus greggii* for future plantations of some communities of the Oaxacan Mixteca.

Height increment in pines takes place through the formation of new interverticilos by means of the apical bud, but their amount varies according to the species and the environment (Gundale *et al.*, 2005). In the actual work it was observed that there is a great variation among provenances of *Pinus greggii* in the number and length of interverticilos that they formed, which

Cuadro 4. Diámetro basal, incremento corriente anual en diámetro basal (ICADB) y número de interverticilos de 13 procedencias de *P. greggii* de siete años de edad, en dos comunidades de la Mixteca Alta de Oaxaca.Table 4. Basal diameter, current annual increment in basal diameter (ICABD) and number of verticiles from 13 seven- year-old *P. greggii* provenances in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

| Procedencia | Diámetro basal (cm) | | | ICADB (cm año ⁻¹) | | | Interverticilos | | |
|-----------------|---------------------|------|---------|-------------------------------|-------|---------|-----------------|--------|---------|
| | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom |
| 1 [§] | 14.8 | 11.4 | 13.1ab | 2.36 | 1.80 | 2.08ab | 12.1 | 12.1 | 12.1abc |
| 2 [§] | 13.5 | 9.6 | 11.6bc | 2.15 | 1.49 | 1.82abc | 11.6 | 9.9 | 10.8bc |
| 3 [§] | 15.4 | 12.6 | 14.0a | 2.45 | 1.97 | 2.21a | 12.9 | 12.7 | 12.8a |
| 4 [§] | 14.9 | 11.7 | 13.3ab | 2.37 | 1.82 | 2.09ab | 13.6 | 11.6 | 12.6ab |
| 5 [§] | 14.4 | 10.6 | 12.5abc | 2.28 | 1.64 | 1.96ab | 13.8 | 11.8 | 12.8a |
| 6 [§] | 13.4 | 10.3 | 11.9abc | 2.14 | 1.59 | 1.87ab | 12.2 | 11.5 | 11.8abc |
| 7 [§] | 13.4 | 10.4 | 11.9abc | 2.12 | 1.62 | 1.87ab | 12.1 | 11.4 | 11.7abc |
| 8 [†] | 12.5 | 9.2 | 10.8cd | 1.96 | 1.43 | 1.69bcd | 12.8 | 10.1 | 11.4abc |
| 9 [†] | 9.3 | 9.1 | 9.2de | 1.48 | 1.41 | 1.45cd | 11.5 | 11.3 | 11.4abc |
| 10 [†] | 9.4 | 7.9 | 8.6de | 1.48 | 1.22 | 1.35d | 12.5 | 9.8 | 11.1abc |
| 11 [†] | 9.6 | 7.2 | 8.4e | 1.52 | 1.12 | 1.32d | 12.5 | 9.9 | 11.2d |
| 12 [†] | 9.6 | 8.2 | 8.9de | 1.47 | 1.26 | 1.37d | 11.5 | 9.4 | 10.4c |
| 13 [†] | 9.9 | 8.2 | 9.1de | 1.60 | 1.25 | 1.43cd | 11.5 | 9.6 | 10.6c |
| Pro | 12.3a | 9.7b | | 1.96a | 1.51b | | 12.3a | 10.8 b | |

[§]Procedencias del centro y norte de México; Proc.: procedencia; TP: Tlacotepec Plumas; MZ: Magdalena Zahuatlán; Prom: promedio. Valores con las mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey, p 0.05) en: 1) cada columna de promedios y, 2) entre las dos comunidades para cada variable.

[†]Provenances of Central and North Mexico. Proc.: procedencia; TP= Tlacotepec Plumas; MZ= Magdalena Zahuatlán; Pro= average. Values with the same letters are not statistically different (Tukey, p 0.05) in: 1) the column with average values and 2) between the two communities for each variable.

Durante los siete años de desarrollo, la procedencia Comunidad Durango, Hidalgo alcanzó los incrementos medios anuales más grandes en altura (0.72 m año⁻¹), diámetro normal (1.18 cm año⁻¹), 1.83 interverticilos año⁻¹ y 0.00090 m² año⁻¹ de área basal (cuadros 5, 6 y 7). Estos resultados son menores a los de Salazar *et al.* (1999), quienes consignaron para procedencias sureñas de *P. greggii* una tasa de crecimiento promedio anual en altura mayor de 2.16 m y un promedio de 4.0 ciclos de crecimiento en el centro del país. Las procedencias de El Madroño, Querétaro, El Piñón y Molango y Comunidad Durango, Hidalgo mostraron los valores más altos, por lo que esas cuatro procedencias son, quizás, los lugares de donde se pudieran coleccionar las semillas de *Pinus greggii* para futuras plantaciones en algunas comunidades de la Mixteca Oaxaqueña.

El incremento en altura de los pinos ocurre mediante la formación de nuevos interverticilos por la yema apical, pero la cantidad de estos varía en función de la especie y del ambiente (Gundale *et al.*, 2005). En el presente trabajo, se observó que en *Pinus greggii* hay gran variación entre procedencias en la cantidad y longitud de los interverticilos que formaron, lo que resultó en diferencias en la magnitud del incremento en altura. Dicha variación afecta, marcadamente, tanto la forma de la copa, y por lo tanto su capacidad fotosintética, como las relaciones nutritivas de los árboles. Los

produced differences in the magnitude of height increment. Such variation deeply affects crown form, and thus, its photosynthesis ability, as well as the nutritious relations of trees. The planted individuals in Tlacotepec formed a significantly (Tukey, p 0.05) greater number of interverticilos (12.3), but even longer. The greater proportion of the variation was the consequence of the differences among growth environments, which could be partly due to the fact that the soils of Tlacotepec had 0.16% of N, a greater amount to 0.08% of N in Magdalena soils, as the availability of this nutriment has an outstanding effect upon vegetal growth. In the same way, the soils of Tlacotepec and Magdalena had 0.46 and 0.28 Cmol (+) kg⁻¹ of K, as well as 16.5 and 13.1 mg kg⁻¹ of P, respectively (Table 1), which could favor that the trees of the first location showed a greater availability and nutriment absorption.

In the two seven year old plantations, provenances showed important growth differences, since in the trees, from which seeds were collected in Comunidad Durango, Hidalgo State 5.07 m high were registered, which is 71% above 2.56 m in height of the trees from seeds collected in Galeana, Nuevo León State. Such differences indicate the broad genetic variation of *Pinus greggii*, which can be used to make some selection, by means of provenance tests at first, and later by collecting seeds of outstanding individuals within the best provenances.

individuos plantados en Tlacotepec formaron, en promedio, un número de interverticilos (12.3), significativamente mayor (Tukey, p 0.05) y más largos. La mayor proporción de la variación fue consecuencia de las diferencias entre ambientes de crecimiento, lo cual pudo deberse, en parte, a que los suelos en Tlacotepec tuvieron 0.16% de N, cantidad superior al 0.08% de N en los suelos de Magdalena, ya que la disponibilidad de este nutrimento incide en el crecimiento vegetal. En Tlacotepec y Magdalena, los suelos registraron valores de 0.46 y 0.28 Cmol (+) kg⁻¹ de K, así como 16.5 y 13.1 mg kg⁻¹ de P, respectivamente (Cuadro 1), lo que pudo favorecer que los árboles de la primera localidad mostraran una disponibilidad y absorción nutrimental superiores.

Provenances from central Mexico (Comunidad Durango, El Piñón y Molango, Hidalgo State; El Madroño, Querétaro State) showed a greater current annual increment during 1999-2001, and some of them, significantly (Tukey, p 0.05), compared to the provenances of the north, except for the number of interverticilos in which there were no statistical differences (tables 3, 4 and 5). This is especially important since there is geographic (López-Upton *et al.*, 2004) and genetic variation that makes it possible early selection of populations according to particular features (Parraguirre *et al.*, 2002). For provenances of the center of the country, Salazar *et al.* (1999) determined mean annual growth between 2.03 ± 0.38 m and 2.28 ± 0.61 m in height, with growth cycles from 3.63 ± 1.83 to 5.11 ± 1.56, which

Cuadro 5. Incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) de número de interverticilos de 13 procedencias de *Pinus greggii* de siete años de edad, en dos comunidades de la Mixteca Alta de Oaxaca.

Table 5. Current annual increment (CAI) and mean annual increment (MAI) of the number of interverticilos of 13 provenances of seven year old *Pinus greggii*, in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

| Proc | ICA (número de verticilos año ⁻¹) | | | IMA (número de verticilos año ⁻¹) | | |
|--------------------|---|--------|--------|---|--------|----------|
| | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom |
| 1 ^{&} | 1.04 | 1.22 | 1.13 a | 1.73 | 1.72 | 0.73 abc |
| 2 ^{&} | 1.03 | 0.96 | 0.99 a | 1.66 | 1.42 | 1.54 bc |
| 3 ^{&} | 1.13 | 1.30 | 1.22 a | 1.84 | 1.81 | 1.83 a |
| 4 ^{&} | 1.29 | 1.12 | 1.21 a | 1.94 | 1.66 | 1.80 ab |
| 5 ^{&} | 1.18 | 1.11 | 1.14 a | 1.97 | 1.67 | 1.82 a |
| 6 ^{&} | 1.07 | 1.13 | 1.10 a | 1.73 | 1.64 | 1.68 abc |
| 7 ^{&} | 1.04 | 1.13 | 1.09 a | 1.72 | 1.62 | 1.67 abc |
| 8 [†] | 1.21 | 0.97 | 1.10 a | 1.82 | 1.44 | 1.63 abc |
| 9 [†] | 1.04 | 1.03 | 1.04 a | 1.63 | 1.60 | 1.62 abc |
| 10 [†] | 1.16 | 0.90 | 1.03 a | 1.77 | 1.39 | 1.58 abc |
| 11 [†] | 1.13 | 0.86 | 1.00 a | 1.77 | 1.41 | 1.59 abc |
| 12 [†] | 1.13 | 0.83 | 0.98 a | 1.63 | 1.34 | 1.48 c |
| 13 [†] | 1.08 | 0.82 | 0.95 a | 1.64 | 1.37 | 1.50 c |
| Prom | 1.12 a | 1.03 b | | 1.76 a | 1.55 b | |

[&]Procedencias del centro y [†]norte de México; Proc= procedencia; TP= Tlacotepec; MZ= Magdalena Zahuatlán.; Prom= promedio. Valores con las mismas letras no son estadísticamente diferentes (Tukey, p 0.05) en: 1) cada columna de promedios y, 2) entre las dos comunidades para cada variable.

[&]Provenances of Central and [†]North Mexico. Proc=procedencia; TP= Tlacotepec Plumas; MZ= Magdalena Zahuatlán; Prom== average. Values with the same letters are not statistically different (Tukey, p 0.05) in: 1) the column with average values and 2) between the two communities for each variable.

En las dos plantaciones de siete años de edad, las diversas procedencias exhibieron diferencias notables de crecimiento, ya que en los árboles de semillas colectadas en Comunidad Durango, Hidalgo se registraron 5.07 m de altura, magnitud 71% superior a los 2.56 m de altura de los árboles generados de semillas colectadas en Galeana, Nuevo León. Tales diferencias son un indicador de la amplia variación genética de *Pinus greggii*, lo que puede aprovecharse para aplicar selección, inicialmente mediante pruebas de procedencias, pero posteriormente mediante la colecta de semillas de los individuos sobresalientes dentro de las mejores procedencias.

were higher than those registered in the plantation under study; also, it is advisable to use these provenances since they tend to produce stems with a smaller number of verticilos, which implies a greater formation of knot-clean wood.

Cuadro 6. Incremento medio anual (IMA) en altura y diámetro normal de 13 procedencias de *Pinus greggii* de siete años de edad, en dos comunidades de la Mixteca Alta de Oaxaca.Table 6. Mean annual increment (MAI) in height and normal diameter of trees of 13 provenances of seven year old *Pinus greggii*, in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

| Proc | IMA altura (m) | | | IMA diámetro normal (cm) | | |
|--------------------|----------------|--------|---------|--------------------------|--------|----------|
| | TP | MZ | Prom | TP | MZ | Prom |
| 1 ^{&} | 0.86 | 0.63 | 0.74 a | 1.37 | 0.91 | 1.14 a |
| 2 ^{&} | 0.83 | 0.51 | 0.67 a | 1.26 | 0.68 | 0.97 abc |
| 3 ^{&} | 0.83 | 0.61 | 0.72 a | 1.35 | 1.00 | 1.18 a |
| 4 ^{&} | 0.83 | 0.55 | 0.69 a | 1.34 | 0.87 | 1.10 a |
| 5 ^{&} | 0.78 | 0.52 | 0.65 ab | 1.23 | 0.74 | 0.99 ab |
| 6 ^{&} | 0.78 | 0.52 | 0.65 ab | 1.18 | 0.71 | 0.95 abc |
| 7 ^{&} | 0.77 | 0.52 | 0.64 ab | 1.17 | 0.75 | 0.96 abc |
| 8 [†] | 0.67 | 0.42 | 0.54 bc | 1.07 | 0.62 | 0.84 bcd |
| 9 [†] | 0.52 | 0.47 | 0.49 cd | 0.76 | 0.69 | 0.72 cd |
| 10 [†] | 0.52 | 0.36 | 0.44 cd | 0.77 | 0.52 | 0.65 d |
| 11 [†] | 0.52 | 0.33 | 0.43 cd | 0.82 | 0.46 | 0.64 d |
| 12 [†] | 0.47 | 0.36 | 0.42 d | 0.77 | 0.55 | 0.66 d |
| 13 [†] | 0.49 | 0.35 | 0.42 d | 0.77 | 0.50 | 0.64 d |
| Prom | 0.68 a | 0.47 b | | 1.07 a | 0.69 b | |

[&]Procedencia del centro y [†]norte de México; Proc: procedencia. Valores con las mismas letras no son estadísticamente diferentes (Tukey, p 0.05) en: 1) cada columna de promedios y, 2) entre las dos comunidades para cada variable.

[&]Provenances of Central and [†]North Mexico. Proc=procedencia; Values with the same letters are not statistically different (Tukey, p 0.05) in: 1) the column with average values and 2) between the two communities for each variable.

Cuadro 7. Incremento medio anual en área basal (IMAAB) de plantaciones de *Pinus greggii* de siete años de edad en dos sitios de la Mixteca de Oaxaca, procedentes de 13 comunidades de México.Table 7. Mean annual increment (MAIBA) in basal area of pine plantations of 13 provenances of seven year old *Pinus greggii*, in two communities of the High Oaxacan Mixteca.

| Procedencia | IMAAB (m ² ha ⁻¹ /año) | | |
|--|--|-----------|-------------|
| | Tlaxiaco | Zahuatlán | Promedio |
| El Madroño, Oro. ^{&} | 1.2332 | 0.6555 | 0.9443 ab |
| Tres Lagunas, Oro. ^{&} | 1.0221 | 0.4222 | 0.7221 bcd |
| Comunidad Durango, Hgo. ^{&} | 1.1999 | 0.7888 | 0.9999 a |
| El Piñón, Hgo. ^{&} | 1.2110 | 0.6444 | 0.9221 abc |
| Molango, Hgo. ^{&} | 1.0110 | 0.5111 | 0.7664 abcd |
| Laguna Azteca, Hgo. ^{&} | 0.9221 | 0.4222 | 0.6666 cd |
| Xichicoatlán, Hgo. ^{&} | 0.9221 | 0.4888 | 0.6999 bcd |
| Puerto San Juan, Coah. [†] | 0.8444 | 0.3777 | 0.6221 de |
| Santa Anita, Coah. [†] | 0.3888 | 0.3444 | 0.3666 ef |
| Jamé, Coah. [†] | 0.3999 | 0.2333 | 0.3222 f |
| Puerto Los Conejos, Coah. [†] | 0.4444 | 0.1999 | 0.3222 f |
| Los Lirios, Coah. [†] | 0.4111 | 0.2889 | 0.3444 f |
| Galeana, Nuevo León [†] | 0.4111 | 0.2333 | 0.3222 f |
| Promedio | 0.7999 a | 0.4333 b | |

[&]Procedencia del centro y [†]norte de México. Valores con las mismas letras no son estadísticamente diferentes (Tukey, p 0.05) en: 1) la columna de promedios y, 2) entre las dos comunidades para cada variable. Las áreas basales se calcularon a partir de una densidad de 1111 árboles ha⁻¹.

[&]Provenances of Central and [†]North Mexico. Values with the same letters are not statistically different (Tukey, p 0.05) in: 1) the column with means and 2) between the two communities for each variable. Basal areas were calculated from a density of 1111 trees ha⁻¹.

CONCLUSIONES

Los árboles de las 13 procedencias plantados en Tlacotepec Plumas tuvieron, en promedio, mejor crecimiento en altura, diámetro, área basal y número de ciclos de crecimiento (interverticales), en comparación a los árboles de las mismas procedencias establecidos en Magdalena Zahuatlán. Con base en el crecimiento, las procedencias de *Pinus greggii* adecuadas para la Mixteca Alta de Oaxaca fueron Comunidad Durango, Hidalgo; El Madroño, Querétaro; El Piñón y Molango, Hidalgo. Las procedencias del centro (Querétaro e Hidalgo) mostraron un crecimiento diferencial mayor en relación a las procedencias del norte (Coahuila y Nuevo León).

REFERENCIAS

- Alba, L., J. L. Mendizábal y A. Aparicio. 1998. Respuesta de un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 1(1): 25-28.
- Aldrete, A., J. G. Mexal y J. López-Upton. 2005. Variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 39: 563-574.
- Carrillo E., G. 2008. Casos prácticos para muestreos e inventarios forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., México. 172 p.
- Castellanos B., J. F. y M. Ruiz. 1993. Introducción de *Pinus greggii* Engelm. en la Mixteca Alta oaxaqueña. Folleto de Investigación No. 1. INF-SARH. Centro de Investigación Pacífico Sur. Yanhuatlán, Oax. México. 18 p.
- Castellanos J., Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de Interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Celaya, Gto. México. 226 p.
- Council of Soil Testing and Plant Analysis (CSTPA). 1980. Handbook on references methods for soil testing. Revised Edition. Athens, GA, USA. 459 p.
- Domínguez C., P. A., J. J. Nívar C. y J. A. Loera O. 2001. Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques* 7(1): 27-35.
- Etchevers B., J. D., W. Espinosa G. y E. Riquelme. 1971. Manual de Fertilidad y Fertilizantes. 2ª edición. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 62 p.
- García M., A., P. Tenorio L. y J. Reyes S. 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana* 27: 53-73.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. 157 p.
- Gundale, M. J., T. H. Deluca, C. E. Fiedler, P. W. Ramsey, M. G. Harrington and J. E. Gannon. 2005. Restoration treatment in a Montana ponderosa pine forest: effects on soil physical, chemical and biological properties. *Forest Ecology and Management* 213(1-3): 184-196.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. Atlas Nacional del Medio Físico. Aguascalientes, México. 30 p.
- Instituto Nacional Investigaciones Agrícolas (INIA). 1981. Marco de referencia para la planeación de la Investigación Agrícola en la Mixteca oaxaqueña. Instituto Nacional Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigación Agrícola del Pacífico Sur. Yanhuatlán, Oax. México. pp. 5-80.

CONCLUSIONS

The trees from the 13 provenances planted in Tlacotepec Plumas had an average better growth in height, diameter, basal area and number of growth cycles (interverticales), compared to trees of the same provenances established in Magdalena Zihuatlán. Based in growth, the right *Pinus greggii* provenances for the High Oaxacan Mixteca were Comunidad Durango, Hidalgo State; El Madroño, Querétaro State; El Piñón and Molango, Hidalgo State. The provenances of the central part of the country (Querétaro and Hidalgo states) showed a differential growth that was higher in regard to the northern provenances (Coahuila y Nuevo León states).

End of the English version

- Kara N., L., L. Korol, K. Isik and G. Schiller. 1997. Genetic diversity in *Pinus brutia* Ten.: Altitudinal variation. *Silvae Genetica* 46(2-3): 155-161.
- López U., J., A. J. Mendoza H., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y A. Gómez G. 2000. Variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Madera y Bosques* 6(2): 81-94.
- López U., J., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y J. C. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia, Serie Recursos Naturales Renovables* 3(1): 1-16.
- López-Upton J., C. Ramírez M., O. Plascencia G. y J. Jasso M. 2004. Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38(4): 457-464.
- Moreno D., R. 1978. Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables. INIA-SARH. México, D. F. México. 22 p.
- Muller-Starck, G., P. Baradat and F. Bergmann. 1992. Genetic variation within European tree species. *New Forest* 6(1-4):23-47.
- Parraguire L., C., J. J. Vargas H., P. Ramírez V., H. S. Aspiroz R. y J. Jasso M. 2002. Estructura de la diversidad genética en poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(3): 279-287.
- Parraguire-Lezama, C., J. J. Vargas-Hernández, P. Ramírez-Vallejo y C. Ramírez-Herrera. 2004. Sistema de cruzamiento en cuatro poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia* 38(1): 107-119.
- Salazar G., J. G., J. J. Vargas H., J. Jasso M., J. D. Molina G., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques* 5(2): 19-34.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2004. Anuario estadístico de la producción forestal 2001. México, D. F. México. 146 p.
- Valencia M., S., M.V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruiz M. y M. A. Capo A. 2006. Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(1): 27-32.
- Wang, Y., F. Raulie and U. Arhun-Huor. 2005. Evaluation of spatial predictions of site index obtained by parametric and non-parametric methods - A case study of lodgepole pine productivity. *Forest Ecology and Management* 214(1-3): 212-225.