

# VARIACIÓN MORFOLÓGICA E ÍNDICE DE CALIDAD EN PLANTAS DE *Pinus cembroides* var. *cembroides* Zucc.

José González Avalos<sup>1</sup>, Edmundo García Moya<sup>2</sup>,  
Victor Manuel Cetina Alcalá<sup>3</sup>, J. Jesús Vargas Hernández<sup>3</sup>,  
Antonio Trinidad Santos<sup>4</sup> y Angélica Romero Manzanares<sup>2</sup>

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los atributos morfológicos y calidad de planta en procedencias de *Pinus cembroides* de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Guanajuato y Querétaro. Semillas de cada localidad fueron germinadas bajo condiciones de invernadero en una mezcla de *peat moss*: perlita: vermiculita. Entre procedencias se obtuvieron diferencias significativas en la velocidad de germinación, la de Chihuahua tuvo el valor promedio más alto (11.6 d). Al mes de edad, las plantas de Coahuila presentaron el mayor diámetro (1.69 mm); mientras que las de Chihuahua fueron las de porte superior (3.28 cm). Las plántulas de Querétaro mostraron el máximo diámetro a los ocho y once meses, y a las de Coahuila les correspondió la altura más grande. A los 12 meses se seleccionaron al azar 10 individuos para medirles la biomasa y estimar la calidad, a partir de lo cual surgieron diferencias entre localidades, pero la superioridad dependió del índice de calidad en particular. La procedencia manifestó una ponderación relevante. Las semillas del norte, germinaron rápido, pero tuvieron el menor diámetro al final del estudio; en tanto que las de origen meridional, fueron más lentas en la germinación, aunque de mayor porte. Esta respuesta pareciera ser una adaptación para la supervivencia.

**Palabras clave:** Biomasa aérea y radical, calidad de planta, germinación, *Pinus cembroides* Zucc., piñón, procedencia.

Fecha de recepción: 12 de julio de 2005.

Fecha de aceptación: 10 de enero de 2005.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Correo-e: goavjo@yahoo.com

<sup>2</sup> Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados.

<sup>3</sup> Programa Forestal, Colegio de Postgraduados.

<sup>4</sup> Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados.

## ABSTRACT

The objective of this study was to assess the morphological and seedling quality attributes of provenances of *Pinus cembroides* from the states of Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Guanajuato and Queretaro. Seeds from each provenance were germinated under greenhouse conditions in a peat moss: perlite: vermiculite mixture. There were significant differences in both, completeness and speed of germination, among provenances. The Chihuahua provenance germinated the earliest (11.60 d). At one month of age, seedlings from Coahuila had the largest diameter (1.69 mm), while the Chihuahua source was the tallest (3.28 cm). At 8 and 11 months, the Queretaro source had the largest diameter, while the Coahuila source was de tallest. At 12 months, 10 seedlings were selected at random for biomass measurements and quality assessment. Again, there were significant differences among provenances, but the superior provenance was dependent on the particular quality index. Of greatest importance was the latitude origin. Seeds from northern provenances have faster germination speeds, but were smaller in diameter et the of the study, while sources from southern latitudes had slower rates of germination, but were larger at the end of the study. This appears to be an adaptive mechanism for survival.

**Key words:** Shoot and root biomass, seedling quality, germination, *Pinus cembroides*, pinyon, provenance.

## INTRODUCCIÓN

*Pinus cembroides* var. *cembroides* Zucc. tiene una amplia distribución. En Estados Unidos se localiza en Arizona, Nuevo México y Texas; mientras que en México crece en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra Madre Oriental. Las poblaciones se desarrollan en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Tlaxcala y Puebla. En la mayor parte de su distribución *P. cembroides* ocupa una zona de transición entre las áreas secas y los bosques de coníferas. El rango altitudinal abarca entre los (800-)1,500-2,600(-2,800) m. El clima es cálido y seco, con una precipitación promedio anual de 380-650 mm y una estación seca de 7-8 meses (Farjon y Styles, 1997).

Las especies con mayor amplitud geográfica contienen una alta diversidad genética en comparación con las de localización limitada. La variabilidad ambiental presente en el área de distribución de *P. cembroides* var. *cembroides*, es otro factor importante para su diversidad (Wright, 1976). El fenotipo de una población está determinado por su genotipo y el ambiente (Zobel y Talbert, 1994). Los ensayos de procedencias prueban semillas recolectadas de varias poblaciones

naturales y las plántulas se desarrollan bajo condiciones semejantes, a efecto de observar las diferencias asociadas al lugar de origen (Wright, 1976). En estudios con coníferas se ha evidenciado el efecto de la procedencia sobre las características de tamaño, germinación y velocidad de germinación de las semillas; así como su incidencia en la morfología y la fisiología de las plántulas (Chang, 1989; Alba *et al.*, 1998; Martínez *et al.*, 2002; Aldrete *et al.*, 2005).

Los atributos fisiológicos propios de una planta de calidad son: su estado hídrico, nutricional, la concentración de carbohidratos y su sanidad. La altura, diámetro, sistema radical, lignificación de la planta, arquitectura del tallo, yema apical y existencia de micorrizas constituyen las características morfológicas usadas para medirla. Además, se utilizan índices que estiman con mayor precisión la calidad, entre los cuales destacan: la relación tallo/raíz, el cociente altura/diámetro, el índice de vigor y el índice de calidad de Dickson (Dickson *et al.*, 1960; Pawsey, 1972; Lopushinsky, 1976; Duryea, 1984).

En este contexto el presente estudio tuvo como objetivos determinar el efecto de la procedencia en el porcentaje y velocidad de germinación; así como analizar tanto la variación morfológica y la calidad de las plantas con base en atributos morfológicos entre procedencias de *P. cembroides* var. *cembroides*.

La hipótesis planteada fue de que la germinación de las semillas, los atributos morfológicos y la calidad de las plantas de *P. cembroides* var. *cembroides* varían entre procedencias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Origen del germoplasma

La semilla de *P. cembroides* var. *cembroides* correspondió a seis procedencias naturales obtenidas a granel (Cuadro 1). Se adquirieron lotes de dos kilogramos por procedencia, cosechada en octubre y noviembre del 2002. Al material se le aplicó un fungicida-insecticida (Metacaptán), para evitar el ataque de plagas y enfermedades y se mantuvieron en refrigeración a una temperatura aproximada de 5°C, hasta el momento de la siembra.

### Establecimiento del ensayo

La investigación se realizó en el invernadero del Programa Forestal del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México durante los meses de junio del 2001 a julio del 2002. El sitio tiene una estructura con paredes y techo de cristal, cuenta con ventanas móviles para permitir la ventilación y el piso tiene una cubierta de roca volcánica (tezontle). La temperatura fluctuó entre los 14 y 31°C, las ventanas se mantuvieron abiertas en el día y cerradas por la noche.

Cuadro 1. Rasgos ecológicos de las procedencias de seis lotes de semilla de *P. cembroides* Zucc.

Procedencia	Coordenadas	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
San José Bachiniva, Chih.	28° 44' 48" N 107° 20' 12" W	2,200	12	450
Santa Rosa, Saltillo, Coah.	24° 38' 18" N 101° 41' 36" W	2,200	14	400
Mezquital, Dgo.	23° 29' 42" N 104° 19' 30" W	2,200	16	700
San Antonio de las Huertas, Zac.	23° 05' 54" N 103° 00' 00" W	2,400	16	500
Tierra Blanca, Gto.	21° 00' 00" N 100° 15' 18" W	2,000	16	600
Cadereyta, Qro.	20° 50' 12" N 99° 41' 36" W	2,200	16	700

Fuente: INEGI, 1981

Las semillas fueron sembradas el 8 de junio del 2001, en contenedores de plástico modelo M 49 (Polietilenos del Sur, Jiutepec, Mor.), con capacidad de 125 ml, los cuales se llenaron con una mezcla de sustrato en una proporción de tres partes de "peat moss", una de agrolita y una de vermiculita (Hummert de México, S. A. de C. V.), al que se le agregó fertilizante osmocote de lenta liberación (18-06-12) en una dosis de 3.5 kg/m<sup>3</sup> de sustrato, la profundidad de siembra fue de 2 cm. Los contenedores se colocaron en el interior del invernadero para la germinación de las semillas. El manejo consistió en riegos diarios para que el sustrato se mantuviera a capacidad de campo y, aplicaciones semanales de Captan un g/L de agua, hasta los tres meses de edad de las plantas, para prevenir el ataque de hongos.

El diseño experimental fue completamente al azar, en el cual los tratamientos fueron las procedencias. La unidad experimental se integró con 10 plantas y se usaron 10 repeticiones por tratamiento.

## Variables evaluadas

Germinación.- El criterio de a la semilla germinada se basó en la emergencia de los cotiledones hacia la parte exterior de la superficie del sustrato. La variable días para la emergencia a 50% de plántulas se determinó mediante el registro del tiempo que tardó cada una en salir desde el momento de la siembra, el valor considerado fue cuando se tuvo 50% del desarrollo total de las plántulas (López *et al.*, 2000).

Diámetro y altura de las plántulas.- Al mes de edad de las plántulas, con un vernier digital Marca Mitutoyo (Modelo CD-S6) se midió el diámetro en milímetros; lo anterior se repitió a los ocho y once meses. Al mismo tiempo se obtuvo su altura con una regla cuya escala estaba en milímetros.

Índice de calidad de plantas.- Al año se seleccionaron al azar 10 plantas de cada procedencia, a las cuales se les lavó y cortó la raíz y junto con la parte aérea se sometieron a secado hasta peso anhidro, en un horno Grieve Modelo LW-201C (The Grieve Corporation), a una temperatura de 40°C. Después se pesaron en una balanza analítica Sartorius CP 124S (Sartorius AG, Göttingen). Con los datos de peso seco, diámetro y altura se realizaron las siguientes estimaciones:

$$\begin{array}{l} \text{Índice de vigor} \\ \text{(Thompson, 1985)} \end{array} = \text{altura (cm)/diámetro (mm)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Relación tallo/raíz} \\ \text{(Thompson, 1985)} \end{array} = \text{peso seco del tallo (g)/peso seco de la raíz (g)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Índice de calidad de Dickson} \\ \text{Dickson et al., 1960} \end{array} = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radical (g)}}}$$

## Análisis estadístico

Mediante el procedimiento GLM de SAS (Freud y Little, 1981) se hizo el análisis de varianza a los datos de germinación, velocidad de germinación e índices de calidad de las plantas. El modelo estadístico utilizado se describe a continuación (1):

$$y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij} \quad (1)$$

Donde:

- $y_{ij}$  = valor esperado
- $\mu$  = media poblacional
- $t_i$  = efecto de la  $i$ -ésima procedencia
- $e_{ij}$  = error experimental

Para el diámetro y la altura se utilizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC MIXED del SAS (Freund y Little, 1981) y su opción para medidas repetidas (2):

$$y_{ij} = \mu + P_k + E_i + (PE)_{ik} + U_{ij} + e_{ij} \quad (2)$$

Donde:

- $y_{ijk}$  = valor esperado a la edad  $k$  para la  $j$ -ésima repetición en la  $i$ -ésima procedencia
- $\mu$  = media poblacional
- $P_k$  = efecto de la  $k$ -ésima procedencia
- $E_i$  = efecto de la  $i$ -ésima edad
- $EP_{ik}$  = efecto de la  $i$ -ésima edad dentro de la  $k$ -ésima procedencia
- $U_{ij}$  = efecto del  $j$ -ésima repetición en la  $i$ -ésima procedencia
- $e_{i(j)}$  = error experimental

En el caso donde se tuvieron efectos significativos, se llevó a cabo la prueba de comparación de medias de Tukey con  $\alpha = 0.05$  para identificar la diferencia entre procedencias.

Las correlaciones entre la latitud (variable independiente) y la germinación, diámetro, altura e índices de calidad de planta (variables dependientes) se hicieron con la finalidad de cuantificar el grado de asociación existente entre la procedencia y el origen geográfico de la semilla y se usó el coeficiente de correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Germinación

El análisis de varianza evidenció diferencia estadística significativa ( $p < 0.0001$ ) entre procedencias, con relación a la velocidad de germinación de las semillas. Los resultados de la comparación de medias indican que el menor tiempo promedio lo tuvieron las semillas de Chihuahua, con menos de 12 días y el mayor tiempo promedio fue para las de Guanajuato, con un valor superior a los 14 días (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje promedio de germinación de las semillas de *P. cembroides* var. *cembroides* de seis procedencias.

Procedencias	Germinación (Días para el 50%)
San José Bachiniva, Chihuahua	11.60 d
Santa Rosa, Saltillo, Coahuila	13.17 c
Mezquital, Durango	13.06 c
San Antonio de las Huertas, Zacatecas	13.70 b
Tierra Blanca, Guanajuato	14.06 a
Cadereyta, Querétaro	13.04 c

<sup>1</sup>Valores en la columna seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales.

La velocidad de germinación de la semilla se relacionó de manera lineal y pendiente negativa (coeficiente de correlación de Pearson =  $-0.8428$ ,  $p \leq 0.035$ ) con la latitud (Figura 1). Las procedencias que presentaban distribución boreal registraron un menor tiempo de germinación que aquellas que se disponen hacia el sur. Resultados semejantes citan López *et al.* (2000) y Aldrete *et al.* (2005) para *Pinus greggii* Engelm., cuyas poblaciones estudiadas muestran diferencia en la velocidad de germinación; las más rápidas son de orientación al norte, respecto de las de tipo austral. Tal respuesta, parece ejercer cierta influencia genética, que se pudiera deber a una duración menor de la estación de crecimiento. Juárez *et al.* (2005) consignan una variación entre procedencias en la velocidad de germinación (días para el 50%) de semillas de *Pseudotsuga* spp.; las del norte nacen más rápido que las del centro y sur, lo que podría ser una adaptación a un ambiente con mayores limitaciones.

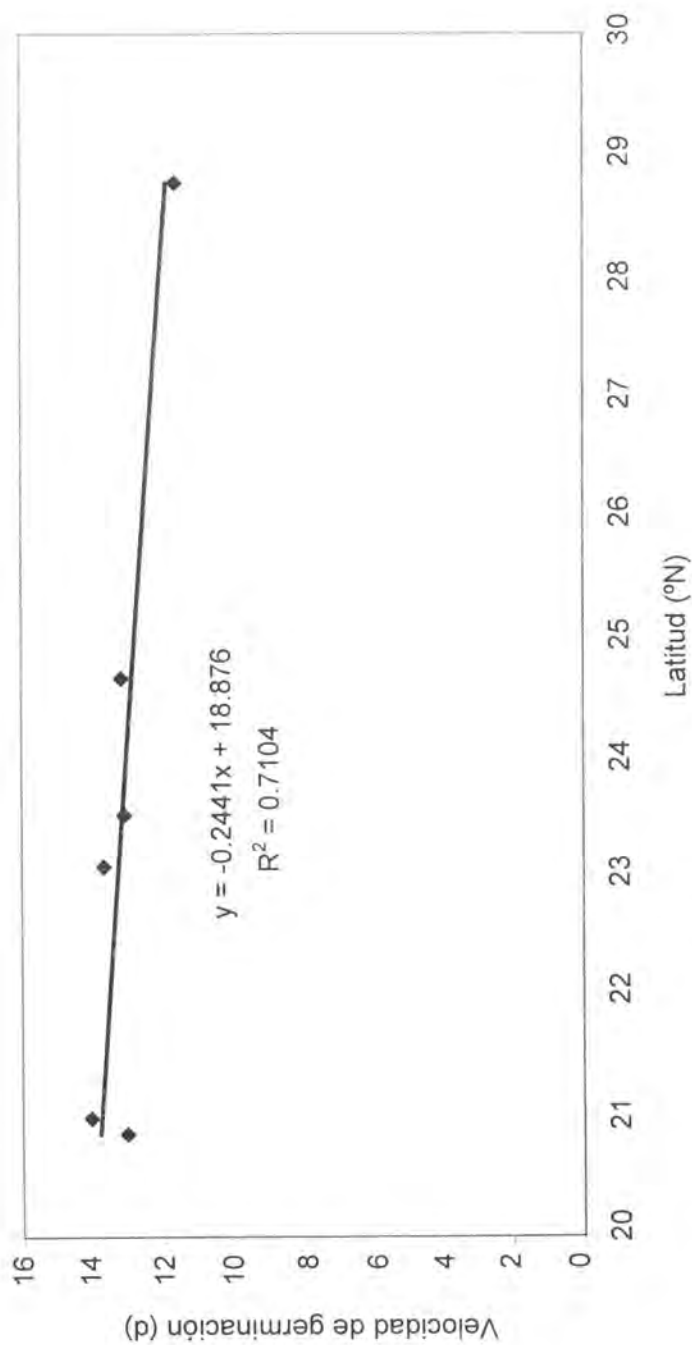


Figura 1. Relación de la velocidad de germinación (días para el 50%) de las semillas de *P. cembroides* y la latitud de su procedencia.



## Altura y diámetro

La altura de las plantas exhibió diferencia estadística significativa ( $p < 0.0001$ ) entre poblaciones y fechas de evaluación, pero no para la interacción ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 3). Al mes de edad, la procedencia con mayor tamaño fue Chihuahua, que superó los 3 cm a los ocho meses; las plántulas con la mejor altura correspondieron a Coahuila, con un valor promedio por arriba de los 8 cm, misma que conservó a los once meses, pero sin diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre procedencias.

Cuadro 3. Altura y diámetro al mes, ocho y once meses de edad en plantas de *P. cembroides* de seis procedencias de México.

Procedencia	Altura (cm)			Diámetro (mm)		
	1 mes	8 meses	11 meses	1 mes	8 meses	11 meses
Chihuahua	3.28 a <sup>+</sup>	7.75 b	8.44 a	1.64 ab	2.67 b	3.03 a
Coahuila	2.78 bc	8.29 a	8.64 a	1.69 a	2.89 a	3.34 a
Durango	2.46 c	7.17 c	7.66 a	1.48 c	2.61 b	3.07 a
Zacatecas	2.58 bc	7.88 ab	8.19 a	1.58 b	2.78 ab	3.26 a
Guanajuato	2.64 bc	7.88 ab	8.08 a	1.60 b	2.97 a	3.44 a
Querétaro	2.81 b	8.00 ab	8.52 a	1.57 b	2.98 a	3.49 a

<sup>+</sup>Valores en la columna seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales.

El crecimiento en altura de las plantas se relacionó de manera positiva con la latitud sólo al primer mes de edad; a los ocho y once meses ésta desapareció (Figura 2). Las procedencias del sur tuvieron mayor porte que las del norte, lo que indica una probable adaptación ecológica de las plantas boreales a sitios con una estación de crecimiento breve, debido a un periodo corto de precipitación y, ante tal situación, logran el máximo crecimiento posible en el menor tiempo, para alcanzar su establecimiento. De hecho, al mes de crecimiento, la altura se correlaciona significativamente (correlación de Pearson =  $-0.8272$ ,  $p \leq 0.042$ ) con la velocidad de germinación; dicha relación ya no existe a los ocho y once meses. Las plantas que tardan menos tiempo en emerger adquieren una talla destacada en altura al primer mes.

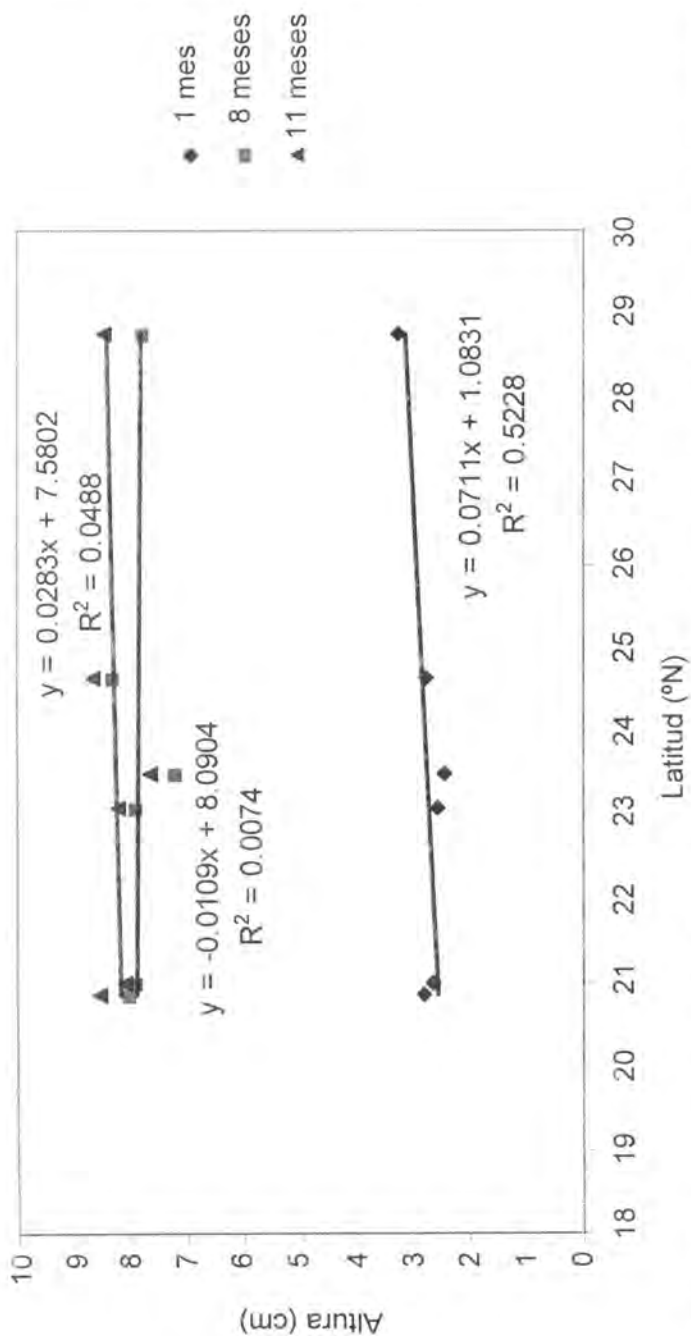


Figura 2. Altura promedio de las plantas de *P. cembroides* al mes, ocho y once meses de edad y su relación con la latitud de la procedencia.

Diferencias en la altura de las plantas de *P. cembroides* var. *cembroides* entre procedencias también son referidas por García y Capó (1989), aunque no las correlacionan a factores ambientales. López *et al.* (2000) consignan una variación similar para la altura de plantas de *P. greggii*, en donde el valor promedio más grande lo presentan las procedencias del sur; en este caso, la precipitación promedio anual, la temperatura y el periodo de crecimiento son superiores a las condiciones prevaletientes en el norte. Por su parte, Joyce y Sinclair (2002), mencionan diferencias entre procedencias en la altura de plantas de *Pinus strobus* L., en las cuales el crecimiento en altura se correlacionó negativamente con la latitud como respuesta a una corta estación de crecimiento en las procedencias del norte, con respecto a las del sur, ocasionada por las bajas temperaturas.

Se determinaron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.0002$ ) en el diámetro entre procedencias y fechas de evaluación ( $p < 0.0001$ ), pero no para su interacción ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 3). Al mes de edad, la procedencia con el diámetro más grande fue Coahuila, con un valor superior al 1.6 mm; a los ocho meses, las plántulas de Coahuila, Querétaro y Guanajuato tuvieron el mayor diámetro promedio, sin diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) entre ellas, con un valor cercano a los 3 mm, misma que dejó de verificarse a partir de los once meses.

El diámetro de las plantas se relacionó de manera negativa con la latitud a los ocho meses y aumentó a los once meses (Figura 3). El coeficiente de correlación de Pearson fue de  $-0.6610$  ( $p \leq 0.15$ ) y  $-0.7949$  ( $p \leq 0.05$ ), respectivamente. El mayor diámetro lo presentaron las procedencias del sur. Este se asocia con la capacidad de la planta para tolerar altas temperaturas de la superficie del suelo (Birchler *et al.*, 1998). Cuando se correlaciona el diámetro con la temperatura se obtiene un valor de Pearson de  $-0.9249$  ( $p \leq 0.008$ ), lo que concuerda con lo expresado por dichos autores.

## Índices de calidad de planta

La calidad de las plantas varió entre procedencias. El índice de vigor mostró diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.0071$ ), al igual que la relación tallo/raíz ( $p \leq 0.0424$ ), y el índice de calidad de Dickson ( $p \leq 0.0167$ ) (Cuadro 4). Los valores de índice de vigor más bajos son los deseables; por lo tanto, las plantas de mayor calidad corresponden a Durango, Guanajuato y Querétaro, sin diferencia estadística entre ellas. La mejor relación tallo/raíz la presentó la procedencia de Chihuahua, con un valor cercano a la unidad, Coahuila fue la que obtuvo el índice de Dickson más alto, por lo que se considera la de calidad superior.

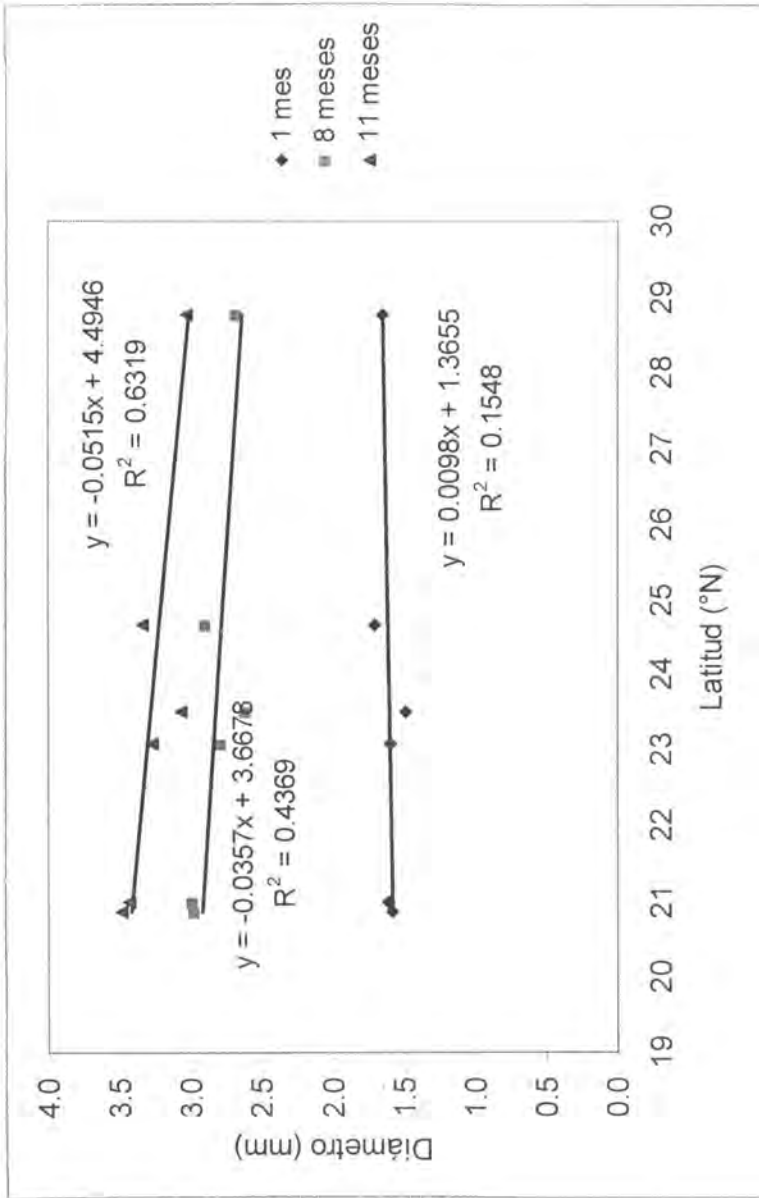


Figura 3. Diámetro de las plantas de *Pinus cembroides* al mes, ocho y once meses de edad y su relación con la latitud.

Cuadro 4 Índices de calidad de planta en *P. cembroides* var. *cembroides* de 12 meses de edad de seis procedencias.

Procedencia	Índice de vigor	Relación tallo/raíz	Índice de calidad de Dickson
Chihuahua	3.02 a <sup>+</sup>	1.09 b	0.219 ab
Coahuila	2.60 ab	1.15 ab	0.273 a
Durango	2.45 b	1.23 ab	0.197 b
Zacatecas	2.53 ab	1.39 a	0.200 b
Guanajuato	2.40 b	1.19 ab	0.229 ab
Querétaro	2.41 b	1.34 ab	0.249 ab

Valores en la columna seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales.

Se manifestó una relación de la calidad de planta y su origen, excepto para el índice de calidad de Dickson (Figura 4); se tuvo una relación significativa (coeficiente de correlación de Pearson = 0.9602,  $p \leq 0.0023$ ), con el índice de vigor. Las procedencias del norte obtuvieron los mayores valores, pero su calidad es menor. Se determinó un coeficiente de correlación de Pearson = -0.6547 ( $p \leq 0.15$ ), entre el cociente tallo/raíz y la latitud. Los registros más altos fueron para las procedencias del sur, pero la mejor calidad de plantas se presentó en las localidades del norte. El índice de la relación tallo/raíz indica la mejor calidad de planta para la supervivencia en sitios donde existe una larga y cálida estación seca (Birchler *et al.*, 1998).

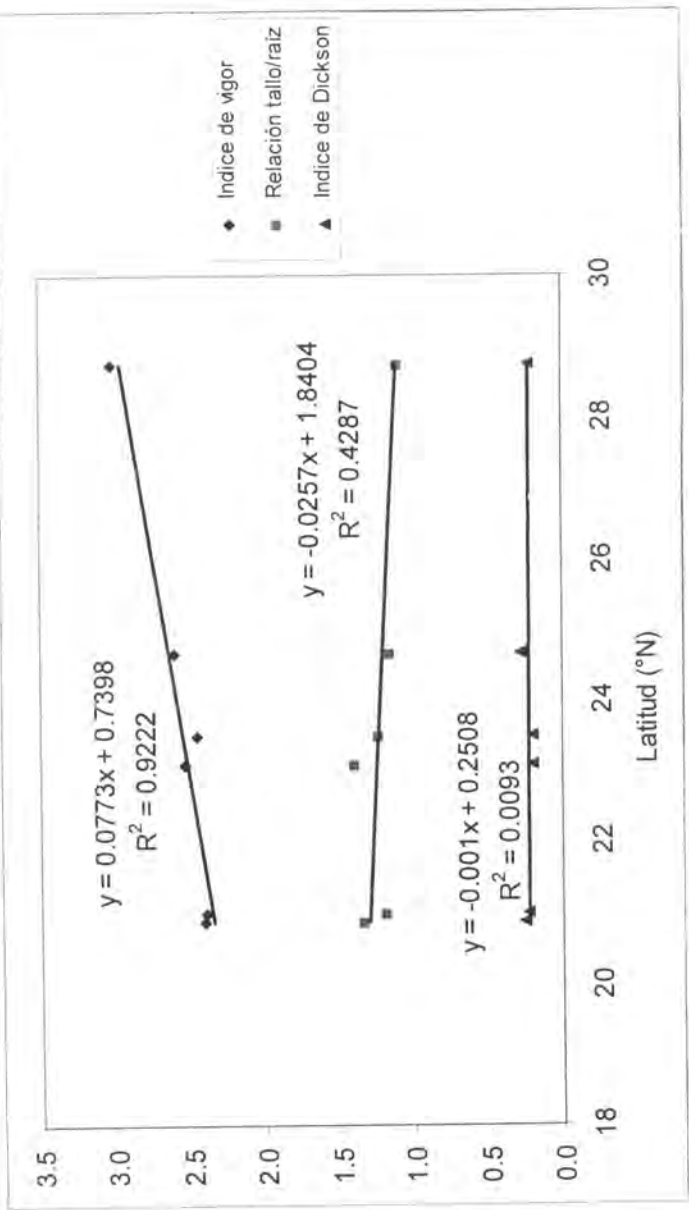


Figura 4. Índices de calidad de planta en *P. cembroides* var. *cembroides* y su relación con la latitud de la procedencia de la semilla.

## CONCLUSIONES

La velocidad de germinación de las semillas de *P. cembroides* var. *cembroides* difirió entre procedencias y se relaciona con la latitud.

La altura y diámetro de las plantas de *P. cembroides* var. *cembroides* variaron entre procedencias en los primeros meses de desarrollo; en la evaluación a los once meses tal diferencia desapareció. La altura de las plantas tuvo una relación lineal con la latitud sólo al mes de edad, mientras que el diámetro presentó dicha relación a los ocho y once meses.

La calidad de planta mostró diferencias entre procedencias para el índice de vigor y la relación tallo/raíz fue una relación lineal positiva y negativa, respectivamente, con la latitud.

## REFERENCIAS

- Alba L., J., L. Mendizábal H. y A. Aparicio R. 1998. Respuesta de un ensayo de procedencia/progenie de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 1(1):25-28.
- Aldrete, A., J. G. Mexal y J. López U. 2005. Variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 39:563-574.
- Birchler, T., R. W. Rose., A. Royo y M. Pardos, 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* 7(1-2):109-121.
- Chang G., M. 1989. Geographic variation in *Pinus armandii* Franch. *Silvae Genetica* 38(3-4):81-90.
- Dickson, A., A. L. Leaf and J. F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36 (1):10-13.
- Duryea, M. L. 1984. Nursery cultural practices: impacts on seedling quality. *In*: Duryea M. L. and T. D. Landis (Eds.): *Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings*. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Oregon State University, Corvallis, OR, USA. pp. 143-164.
- Farjon, A. and B. T. Styles. 1997. *Flora neotropica*. Monograph 75: *Pinus* (Pinaceae). The New York Botanical Garden, New York, NY, USA. 291 p.
- Freud, R. J. and R. C. Little. 1981. SAS for linear models. A guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 231 p.
- García, M., A. y M. A. Capó, A. 1989. Variación morfológica y fisiológica entre especies y procedencias de los pinos piñoneros *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus maximartinezii* Rzedowski y de *Pinus ayacahuite* Erhen. en semillas y plántulas durante el primer año de crecimiento. *In*: Flores F. J. D., J. Flores L., E. García M. y R. H. Lira S. (Comps.): *Memorias del III Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*, Octubre de 1989, Saltillo, Coah. México. pp. 32-47.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1981. Atlas nacional del medio físico. Aguascalientes, Ags. México. 224 p.
- Joyce, D. G. and R. W. Sinclair. 2002. Genetic variation in height growth among populations of eastern white pine (*Pinus strobus* L.) in Ontario. *Silvae Genetica* 51 (4):136-142.
- Juárez A., A., J. López U. y J. J. Vargas H. 2005. Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga* spp. en México. *In: Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. 26-28 de octubre del 2005. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. pp. 338-339.
- 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.
- Lopushinsky, W. 1976. Relationship of shoot-root ratio to survival and growth of outplanted Douglas -fir and ponderosa pine seedlings. U.S.D.A. Forest Serv., Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Res. Note PNW-274. Portland, OR. USA. 7 p.
- Martínez T., T., J. J. Vargas H., A. Muñoz O. y J. López U. 2002. Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. *Agrociencia* 36: 365-376.
- Pawsey C., K. 1972. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. *Australian Forest Res.* 5 (4):13-24.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. *In: Duryea, M. L.* 1985. *Proceedings: Evaluated seedlings quality: principles, procedures and predictive ability or major test*. Corvallis, OR. USA. pp. 59-71.
- Wright J., W. 1976. *Introduction to forest genetics*. Academic Press Inc. San Diego, CA. USA. 463 p.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1994. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. LIMUSA. México. 545 p.