

VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y ANATÓMICA DE *Picea martinezii* T. F. PATTERSON EN POBLACIONES NATURALES DE MÉXICO

MsC. Celestino Flores-López¹, Ing. Rocío Martínez-Vega¹, Dra. Gretel Geada-López²

¹Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México. E-mail: cele64@prodigy.net.mx

²Universidad de Pinar del Río, Martí #270, esq. 27 de noviembre, Pinar del Río, C.P. 20100, Cuba.

RESUMEN

Se evaluaron las cuatro poblaciones naturales conocidas de la distribución de *Picea martinezii* T. F. Patterson con el propósito de determinar la magnitud de la variación de 20 características morfológicas y anatómicas de acículas, conos y semillas entre y dentro de las poblaciones. El tamaño de muestra fue diferente para cada población. Los árboles fueron seleccionados a lo largo y ancho del rodal, tratando que fueran representativos del rodal. Se realizó una prueba de normalidad para cada una de las variables, se estimaron los valores de tendencia central y de dispersión. Se realizaron análisis de varianza y estimación de componentes de varianza considerando un modelo de efectos mixtos. Además se realizó un análisis multivariado de componentes principales y canónicos discriminante, para caracterizar a las poblaciones. Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas entre poblaciones en 14 de 19 variables evaluadas. Las cinco variables que no presentaron diferencias significativas fueron longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero, largo del cono, ancho del cono, longitud del ala con semilla y ancho del ala. Los componentes principales muestran que los tres primeros componentes explican el 56% de la varianza total. La comparación de medias, los componentes principales y la distancia de Mahalanobis muestran que la Encantada y Agua Lardín son las poblaciones más distanciadas por sus características de acículas, conos y semillas, principalmente por las hileras y número de estomas en las acículas. Las poblaciones cuentan con dos canales resiníferos continuos.

Palabras clave: *Picea*, anatomía de la madera, análisis estadístico

ABSTRACT

Four natural populations of *Picea martinezii* T. F. Patterson were evaluated for the purpose of determining the magnitude of variation to 19 anatomical and morphological characteristics of needles, cones and seeds among and within populations. The samples size was different for each population. The trees were selected throughout the stand, trying to be representative of the stand. For each one of the variables the normality was verified, was obtained the values of central tendency and dispersion. It was developed an analysis of variance and a variance components considering a mixed effects model. Were also performed multivariate analysis of principal components and canonical discriminant to characterize the populations. Analysis of variance showed statistically significant differences between populations in 14 of 19 variables. The five variables that showed no significant differences were the length side next to the resin ducts position, length of cone, width of the cone, wing length with seed and width of the seed wing. Principal component shows that the first three components explain 56% of the total variance. The comparison of means, the principal components and the Mahalanobis distance showed that La Encantada and Agua Lardín populations are more distant because their

needles, cones and seeds characteristics, mainly the rows and number of stomata on the needles. The populations have two continuous resin ducts.

Key words: *Picea*, wood anatomy, statistical analysis

INTRODUCCIÓN

Al género *Picea* en México, se le ha dado poca importancia a pesar de la reducida superficie que ocupa, el escaso número de individuos presentes en las poblaciones y lugares casi inaccesibles en los que se le encuentra y que con el calentamiento global pueden llegar a desaparecer (Rzedowski, 1983; Ledig *et al.*, 1997). Las especies de *Picea* en México se distribuyen de la siguiente manera: *Picea chihuahuana* Martínez en Chihuahua y Durango, *Picea mexicana* Martínez en Coahuila, Chihuahua y Nuevo León y *Picea martinezii* T. F. Patterson en Nuevo León (Gordon, 1968; Müller-Using y Velásquez, 1983; Ledig *et al.*, 2000).

Al principio cuando se identificaron las poblaciones de *Picea* en Nuevo León fueron reportadas como nuevos registros de *Picea chihuahuana* (Müller-Using y Velásquez, 1983). Posteriormente se rectificó que los individuos de esas dos poblaciones correspondían a una especie nueva que fue nombrada *Picea martinezii* (Patterson, 1988).

Picea martinezii es una conífera de la Sierra Madre Oriental de México que se ha reducido a pocas poblaciones en relictos endémicos (Muller-Using y Velásquez, 1983; Patterson, 1988). Sin embargo en la NOM-059-SEMARNAT-2001 se encuentra en categoría de peligro de extinción (SEMARNAT, 2003).

En *Picea martinezii* han sido pocos los autores que han evaluado su morfología, donde las variables estudiadas son el largo y ancho de acículas, largo y ancho de cono, longitud, ancho y grueso de escama además largo, ancho de semilla y ala (Patterson, 1988; Prieto, 1992). En esta misma especie se ha estudiado la anatomía de las acículas y se ha evaluado canales resiníferos, hileras de estomas en cada lado y la distancia de la esquina lateral al centro del canal resinífero así como la longitud de lado del canal resinífero (Patterson, 1988; Weng y Jackson, 2000).

De las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* sólo dos de ellas son las que se han estudiado las características morfológicas (Patterson, 1988; Prieto, 1992), mientras que para Agua Fría y Agua Lardín no están descritas. De las características anatómicas no se sabe a que población pertenecen las muestras que se colectaron (Patterson, 1988; Weng y Jackson, 2000). Con el propósito de conocer la variabilidad y parecido entre las poblaciones, es necesario aplicar en la evaluación características morfológicas y anatómicas de las que se han mencionado anteriormente.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la magnitud de la variación entre y dentro de las cuatro poblaciones naturales *Picea martinezii* para 19 variables morfológicas y anatómicas de acículas, conos y semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Picea martinezii se distribuye en cuatro poblaciones en la Sierra Madre Oriental entre los paralelos 23° 53' 24" y 25° 10' 41" de latitud norte y los meridianos 99° 42' 39" y 100° 07' 37" de longitud oeste, con elevación sobre el nivel del mar entre 1820 y 2515 m. Las cuatro poblaciones se localizan en el estado de Nuevo León en los municipios de Montemorelos, Aramberri y Zaragoza (Müller-Using y Velásquez, 1983) (Tabla 1) (Figura 1).

Tabla 1 Localización de las poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en el estado de Nuevo León

Población	Propiedad	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (msnm)
El Butano	Ejido la Trinidad	Montemorelos	25° 10' 41"	100° 07' 37"	2180
Agua Lardín	Propiedad privada: Agua Lardín	Aramberri	24° 02' 34"	99° 44' 04"	2120
Agua Fría	Propiedad privada: Agua Fría	Aramberri	24° 02' 17"	99° 42' 39"	1820
La Encantada	Ejido Encantada	La Zaragoza	23° 53' 24"	99° 47' 30"	2515

Fuente: Ledig *et al.*, 2000.



Figura 1 Distribución de las cuatro poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson en el estado de Nuevo León, México. Coberturas tomadas de CONABIO (2004)

Obtención de las muestras botánicas

La colecta de muestras en árboles de *Picea martinezii* fue diferente para cada población. En hojas varió 12 a 32 árboles, en conos de 11 a 32 árboles y en semillas fue de 7 a 25 árboles, esto debido a que no todos los árboles contaban con presencia de conos y dentro de éstos no todos tenían semillas de modo que varió de 7 a 32 árboles la unidad de muestreo. Los árboles se tomaron a lo largo y ancho del rodal con distanciamiento variado de acuerdo al tamaño del rodal, tratando que fueran representativos del rodal. Los árboles que se muestrearon fueron maduros, arriba de 15 cm de diámetro normal, con evidencias de conos desarrollados. Los conos se colectaron de las cuatro exposiciones a la mitad de la copa del árbol. Del mismo modo se colectaron diez ramas que tuvieran por lo menos acículas de un año de edad.

Variables evaluadas

Las variables morfológicas y anatómicas seleccionadas para este estudio se basaron en los trabajos de Taylor y Patterson (1980), Weng y Jackson (2000) y Reyes *et al.* (2005).

De las diez ramas colectadas de cada árbol muestreado se tomó la acícula más larga y se midió el largo de acícula (LAC) y ancho de acícula (AAC) para obtener la media de cada árbol.

Para evaluar las variables morfológicas (estomas) y anatómicas de las acículas, éstas fueron sometidas a un proceso de rehidratación, utilizando alcohol etílico a 70° durante 24 horas. Posteriormente con apoyo de un estereoscopio de aumento de 10x se cuantificó el número de hileras de estomas en el haz (NHEH), el número de hileras de estomas en el envés (NHEE) y el número de estomas en la parte media del haz en la sección lineal de un milímetro (NHE1M) de 10 hojas de cada árbol.

Una vez rehidratadas las acículas, se efectuaron cortes transversales con un bisturí en la parte media de cada hoja, procurando obtener cortes lo más delgada posible. Con la intención de obtener muestras temporales cada corte fue colocado en un portaobjetos con una gota de ácido láctico para facilitar la visibilidad de las estructuras de interés también se utilizó un sellador (barniz) alrededor del cubreobjetos para asegurar su permanencia.

En la sección transversal de la hoja se evaluó el número de canales resiníferos (NCR), el tamaño y posición de éstos. Se midió en micras (μ) el diámetro del ducto del canal resinífero (DACR) y el diámetro del haz vascular incluyendo las células epiteliales (DAHV). En el lado de la posición del canal se tomó la longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) y la distancia desde la esquina lateral (ángulo) al centro del canal resinífero (d).

Para conocer la continuidad o discontinuidad de canales resiníferos se tomó la acícula más larga (rehidratada) y posteriormente se hicieron cortes a cada milímetro (mm) lo más delgada posible.

Para cada una de las poblaciones se evaluaron diez conos cerrados por árbol. La medición del largo del cono (LC) fue de la base hasta el ápice y para el ancho (AC) se midió en la parte más amplia del mismo. De cada cono se obtuvieron 10 escamas y de cada una de ellas se midió el largo (LE), ancho (AE) y grosor de escama (GRE) incluyendo la longitud de la escama libre (LEL). Todas las variables fueron medidas con vernier con aproximación a 0.01 mm.

Se evaluaron 20 semillas por árbol, seleccionadas al azar, las variables fueron longitud de semilla (LS), ancho de semilla (AS), longitud del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA). Estas variables se midieron con vernier y con una precisión de 0.01 mm.

Análisis estadístico

Debido a que existen características morfológicas y anatómicas consideradas como variables binarias y discretas, así como continuas se realizó una prueba de normalidad para cada una de las variables utilizando el diagrama de árbol y el diagrama de caja, la gráfica de probabilidad normal y la prueba de normal de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1984; Hines y Montgomery, 1996). Para las variables binarias y discretas se utilizaron las transformaciones de Box y Cox (1964), que consiste en elevar a una potencia con valores diferentes de lambda (λ) para normalizarlas.

Con el propósito de caracterizar las poblaciones en cada variable por población se estimaron los valores de tendencia central y de dispersión de las características morfológicas y anatómicas para cada una de las poblaciones. La medida de tendencia central es la media y las medidas de dispersión son el error estándar de la media, los valores mínimos y máximos incluyendo también al coeficiente de variación (Infante y Zárate, 1990).

Para caracterizar la variación entre y dentro de poblaciones se realizaron análisis de varianza (ANVA) y análisis de componentes de varianza considerando un modelo de efectos mixtos con muestras de clasificación jerárquica o muestreo anidado, considerando únicamente a las poblaciones y a los árboles dentro de ellas (Snedecor y Cochran, 1981; Sit, 1995; Littell *et al.*, 1996). Cuando hubo diferencias en el ANVA se procedió a realizar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias. El modelo empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + A_{j(i)} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado de la característica en la k-ésima muestra del j-ésimo árbol en la i-ésima localidad;

μ = Valor promedio de la característica;

L_i = Efecto aleatorio de la i-ésima población;

$A_{j(i)}$ = Efecto del j-ésimo árbol dentro de la i-ésima población;

$\varepsilon_{k(ij)}$ = Error aleatorio de muestreo dentro de árboles

Se realizó un análisis de componentes principales para examinar las relaciones de las variables cuantitativas, se examinaron los datos con la posibilidad de reducir el número de variables. Con el apoyo del programa SAS y utilizando el procedimiento Proc Princomp se determinaron los componentes principales y se graficaron los primeros componentes que más aportaron a la variabilidad total (SAS Institute Inc., 1988).

Con el apoyo de la función Proc Candisc en SAS se realizó el análisis canónico discriminante utilizando la distancia al cuadrado de Mahalanobis con la finalidad de contrastar la hipótesis de que las medias de las poblaciones de un conjunto de variables independientes para dos o más poblaciones son iguales. (SAS Institute Inc., 1988; Hair *et al.*, 1999; Johnson, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación entre poblaciones

Se realizó el análisis de varianza y se obtuvo que las variables evaluadas presentaron diferencias significativas a excepción de longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI), largo del cono (LC), ancho del cono (AC), longitud del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA) (Tabla 2).

La población de Agua Lardín presenta la mayor cantidad de estomas pero menor tamaño de hoja. El número de estomas por unidad de área varía con bastante amplitud en hojas diferentes y en individuos de diversos grupos de la misma especie de acuerdo con el ambiente, así como de especie a especie (Cronquist, 1986).

En la mayoría de las variables anatómicas en la sección transversal de la hoja se encontraron diferencias significativas a excepción de la variable longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI). Weng y Jackson (2000) encontraron que las variables anatómicas de la hoja han ayudado a diferenciar las especies de *Picea* de Norte América. Sin embargo, en *Picea mexicana* estas variables no ayudaron a diferenciar las poblaciones dentro de la misma especie (Hernández, 2009). En el análisis de frecuencia por árbol en cada una de las poblaciones se observa claramente la presencia de canales resiníferos continuos en toda la hoja. En la descripción inicial de *Picea martinezii* se mencionó que no presentaba canales resiníferos (Patterson, 1988).

El largo (LC) y ancho de cono (AC) no mostraron diferencias significativas. Mientras que en otros estudios estas variables ayudaron a diferenciar poblaciones, tal es el caso de *Pinus chiapensis* (Hernández, 1986), *Pseudotsuga* sp (Santos, 1998; Reyes *et al.*, 2005) entre otros.

En longitud (LS) y ancho de semilla (AS) se encontraron diferencias significativas, pero no hubo diferencias para longitud del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA).

Componentes de varianza

En las variables morfológicas de acículas las poblaciones aportan de un 17 a 53 % de la variación total. Árboles dentro de poblaciones no contribuyen con nada, excepto en largo de acícula con 67%.

En las variables anatómicas de acículas, las poblaciones aportan de un 1 a 41 % de la variación total. Árboles dentro de poblaciones no aportan nada, excepto para longitud lateral al lado de la

posición del canal resinífero (DI) con 97%. Las muestras dentro de árboles contribuyen más a la variación total de 1 a 82%.

En las variables del cono los árboles dentro de poblaciones contribuyen con la mayor aportación de un 74 a 99% de la variación total, para largo de cono (LC), ancho de cono (AC), ancho de escama (AE) y largo de escama (LE). Para longitud de escama libre (LEL) y grosor de escama (GRE) las poblaciones contribuyen con un 10%. Las muestras dentro de árboles aportan alrededor de un 10 a 89%.

En las variables de semillas, los árboles dentro de poblaciones tienen la mayor aportación con un 42 a 90% de la variación total, para ancho de semilla (AS), largo del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA). Para longitud de semilla (LS) las poblaciones contribuyen con un 22%. Y muestras dentro de árboles aportan un 77%.

Componentes principales

La Encantada presenta menor número de hileras de estomas en el haz (NHEH) y envés (NHEE) así como el número de estomas en un milímetro (NE1M), menor tamaño en las variables anatómicas como la distancia desde la esquina lateral del ángulo al centro del canal resinífero (d) y diámetro del haz vascular (DAHV) en comparación de Agua Lardín (Figura 2). Los componentes principales también ayudaron a separar poblaciones a partir de de hojas y conos en *Pinus pseudostrobus* de *P. montezumae* Lamb. (Favela, 1991). Del mismo modo fueron separadas *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière del complejo de *P. engelmannii* Parry, asimismo *Pinus montezumae* de *P. hartwegii* con las variables del largo de hojas y tamaño de conos (Taylor *et al.*, 1994).

Análisis canónico discriminante

Para hacer el análisis se eliminaron las variables diámetro del canal resinífero (DACR) y grosor de escama (GRE) dado que no tuvieron correlación con los tres primeros componentes.

La distancia al cuadrado de Mahalanobis muestra que la población La Encantada es la que presenta mayor distancia con respecto a la población de Agua Lardín con un valor de 24.26 y la de menor distancia fue entre la población El Butano y La Encantada con un valor de 9.52. De acuerdo a la estadística F para la distancia al cuadrado de Mahalanobis y considerando una probabilidad de 0.05 las cuatro poblaciones son diferentes, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de promedios en las características de las poblaciones.

Con respecto a la mayor distancia morfológicamente encontrada entre Agua Lardín y La Encantada son diferentes por el largo (LAC) y ancho (ACC) de acículas, así como el número de hileras de estomas (NHEH y NHEE) y estomas en un milímetro (NE1M), esto se aprecia en la gráfica del componente principal y la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias, las poblaciones más cercanas son La Encantada y El Butano con la mayoría de las variables iguales como en número de hileras de estomas (NHEH y NHEE) y estomas en un milímetro (NE1M), longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI), las variables del cono a excepción de largo de escama (LE) y todas las variables de semillas.

CONCLUSIONES

De las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* en México, La Encantada y Agua Lardín son las poblaciones más distanciadas por sus características de acículas, conos y semillas, principalmente por las hileras y número de estomas en las acículas.

Tabla 2 Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias entre las cuatro poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson

Característica	Variable (Abreviatura)	Poblaciones			
		El Butano	Agua Lardín	Agua Fría	La Encantada
Acículas	Largo de acícula (LAC)	18.69 bc [¶]	17.79 c	19.76 ab	20.36 a
	Ancho de acícula (AAC)	1.26 b	1.15 c	1.29 ab	1.34 a
	Número de hileras de estomas en el haz (NHEH)	7.50 bc	11.76 a	8.05 b	7.12 c
	Número de hileras de estomas en el envés (NHEE)	6.09 c	9.68 a	6.96 b	5.95 c
	Número de estomas en 1 mm (NE1M)	71.27 c	86.25 a	76.77 b	56.74 c
	Diámetro del canal resinífero (DACR) [†]	3.21 a	2.97 ab	2.79 bc	2.53 c
	Distancia desde la esquina lateral del ángulo al centro del canal resinífero (d) [†]	5.62 b	8.29 a	5.40 b	3.93 c
	Longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) [†]	80.94	83.83	84.70	82.93
	Diámetro del haz vascular incluyendo células del epitelio (DAHV) [†]	29.98 a	31.38 a	28.83 a	25.59 b
	Conos	Largo del cono (LC)	115.49	115.31	112.73
Ancho del cono (AC)		30.23	30.76	30.98	31.38
Ancho de escama (AE)		18.10 b	18.50 ab	19.92 a	19.51 a
Largo de escama (LE)		23.79 b	24.17 ab	24.95 ab	25.25 a
Longitud de la escama libre (LEL)		6.19 ab	5.51 c	5.82 bc	6.32 a
Grosor de escama (GRE)		0.65 c	0.73 ab	0.74 a	0.68 bc
Semillas	Longitud de semilla (LS)	5.73 b	6.13 ab	6.65 a	5.64 b
	Ancho de semilla (AS)	36.40 b	38.08 ab	45.29 a	31.57 b
	Longitud del ala con semilla (LAS)	16.35	16.78	17.48	17.67
	Ancho del ala (AA)	6.71	6.76	7.34	6.83

[†]: Variables anatómicas de acículas.

[¶]: Promedios seguidos de la misma letra, en cada fila, no son diferentes estadísticamente, según la prueba DMS ($p \leq 0.05$).

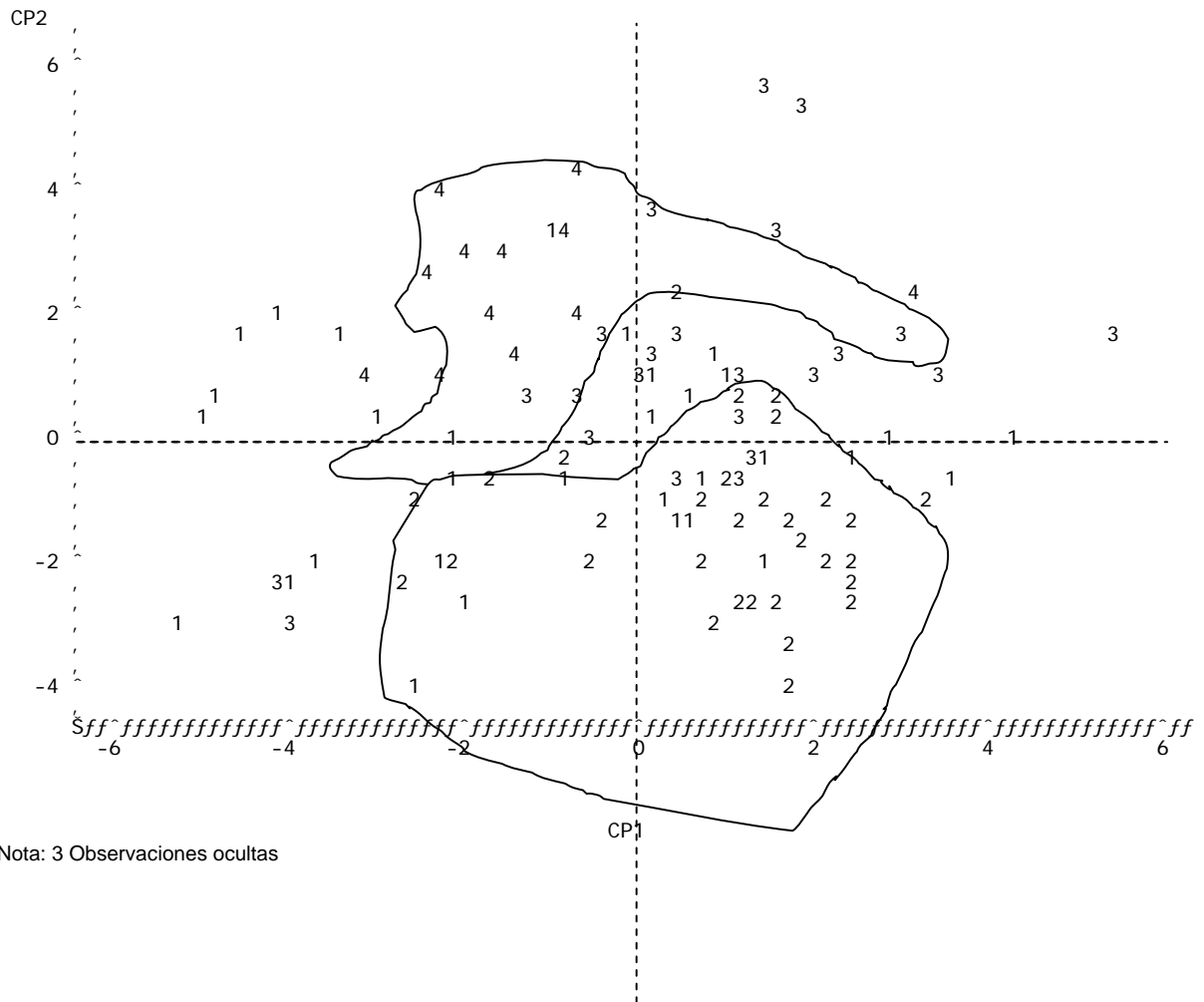


Figura 2 Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 2 de las cuatro poblaciones de *Picea Martínezii* T. F. Patterson

BIBLIOGRAFÍA

BOX, G. E. P. y D. R. COX. An analysis of transformations. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (methodological), 1964, vol. 26, no. 2, p. 211-252.

CONABIO. 2004. Mapa base del estado de Nuevo León. Escala 1: 2000000. México. [Archivo en línea en formato Vectoriales (Arcview)]. 8 de diciembre de 2008. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/cgi-bin/geo_metadatosftp_esp.cgi?Id=446&formato=d

CRONQUIST, A. Botánica básica. Traductor Marino A., Antonio. 2ª ed. Ed. Continental. México. 1986. 665 p.

FAVELA L., S. Aplicación de técnicas numéricas en algunos pinos mexicanos. Reporte científico N° 25. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L. 1991. 35 p.

HAIR, J. F.; R. E. Anderson; R. L. Tatham y W. C. Black. Análisis multivariante. 5ª ed. Ed. Prentice-Hall. Madrid, España. 1999. 799 p.

- HERNÁNDEZ G., J. J. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis* de Oaxaca y Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 1986. 91 p.
- HERNÁNDEZ S., D. Variación morfológica y anatómica de *Picea mexicana* Martínez en poblaciones naturales de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 2009. 52 p.
- HINES W. W. y D. C. MONTGOMERY. Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Traductor Nagore, G. 2ª ed. Ed. Continental. México. 1996. 834 p.
- INFANTE G., S. y G. P. ZÁRATE DE L. Métodos estadísticos. 2ª ed. Ed. Trillas. México. 1990. 643 p.
- JOHNSON, D. E. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Primera edición en español. International Thomson Editores. México. 2000. 566 p.
- LEDIG, F. T.; M. MÁPULA L.; B. BERMEJO V.; C. FLORES L.; V. REYES H., y M. A. CAPÓ A. Locations of endangered spruce populations in México and the demography of *Picea chihuahuana*. Madroño 2000, vol. 47, pp. 71-88.
- LITTELL, C. R., G. A. MILLIKEN., W. W., STROUP y R.D. WOLFINGER. SAS® System For Mixed Models. SAS Institute Inc Cary, NC U. S. A. 1996. 633 p.
- MÜLLER-USING, B. y S. VELÁZQUEZ F. Aportes a la distribución geográfica del pinabete de Chihuahua (*Picea chihuahuana* Martínez) en México: dos nuevos registros en el estado de Nuevo León. Inédito. 1983. 22 p.
- PATTERSON, T. F. A new species of *Picea* (Pinaceae) from Nuevo León, México. SIDA, 1988, vol. 13, pp. 131-135.
- PRIETO M., E. Variación morfológica de conos y semillas de 13 poblaciones naturales de *Picea* (Pinaceae) en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 1992. 73 p.
- REYES H., V. J., J. J. VARGAS H., J. LÓPEZ U., y H. VAQUERA H. Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). Acta Botánica Mexicana, 2005, vol. 70, p. 47-67.
- SANTOS G., R. Variación morfológica y anatómica en hojas y conos de ocho localidades de *Pseudotsuga* en el Norte de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1998. 60 p.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT® User's guide, release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA. 1988. 1028 p.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. (D.O.F.) 23 de abril de 2003. México. 153 p. [En línea]. 20 de enero de 2009. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalysuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>
- SIT, V. Analyzing ANOVA Designs. Biometrics Information Handbook 5. Research Branch, B. C. Ministry of Forests. Working Paper 07/1995. Victoria, B. C, Canadá. 1995. 61 p.
- SNEDECOR, W. G. y G. W. COCHRAN. Métodos estadísticos. Ed. Continental. México. 1981. 703 p.
- TAYLOR, R. J., T. F. PATTERSON y R. J. HARROD. Systematics of Mexican Spruce-Revisited. Systematic Botany, 1994, vol. 19 no. 1, p. 47-59.
- WENG, C. y S. T. JACKSON. Species differentiation of North American spruce (*Picea*) based on morphological and anatomical characteristics of needles. Canadian Journal of Botany, 2000, vol. 78, no. 11, p. 1367-1383.
- ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. 2ª ed. Ed. Prentice-Hall. New Jersey U. S. A. 1984. 718 p.