



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

raximhai@uaim.edu.mx

Universidad Autónoma Indígena de México
México

Rodríguez-Laguna, Rodrigo; Capo-Arteaga, Miguel A.
Morfología de acículas y conos en poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm
Ra Ximhai, vol. 1, núm. 1, enero-abril, 2005, pp. 131-152
Universidad Autónoma Indígena de México
El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46110109>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

**MORFOLOGÍA DE ACÍCULAS Y CONOS EN POBLACIONES NATURALES
DE *Pinus arizonica* Engelm.**

MORPHOLOGY OF NEEDLES AND CONES IN NATURAL POPULATIONS OF *Pinus arizonica* Engelm.

Rodrigo Rodríguez-Laguna¹; Miguel A. Capo-Arteaga²

¹ Profesor Investigador, Centro de Investigaciones Forestales, ICAP. UAEH. Tulancingo, Hidalgo.²Profesor Investigador, Departamento Forestal. UAAAN. Saltillo, Coah.

R E S U M E N

Con la finalidad de estimar y mostrar la variación fenotípica de algunas poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm se evaluaron 11 variables morfológicas en acículas y conos de nueve poblaciones naturales, considerando como la fuente de variación sólo la población. De las variables analizadas en el presente estudio como, el largo de acículas, el número de serraciones por centímetro, el número de acículas por fascículo y el ancho de acículas, presentaron la mayor variación entre poblaciones, en tanto que la variable con menos variación entre poblaciones se presentó en el largo de cono y el largo de umbo. De acuerdo con el análisis de varianza, los seis caracteres de acículas evaluados resultaron altamente significativos, mientras que de los cinco caracteres de conos evaluados, tres de ellos fueron significativos y dos fueron no significativos. Se presentaron correlaciones altamente significativas en la mayoría de las variables analizadas entre las que destacan: 1) número de serraciones por cm con el número de estomas por cm en las tres caras de la acícula, 2) el número de acículas por fascículo con la altitud y 3) el largo de la acícula con el ancho de las mismas. El análisis de conglomerados formó cuatro grupos, a dos terceras partes de la máxima distancia euclíadiana, los cuales son morfológicamente diferentes entre sí, existiendo una tendencia a agrupar las poblaciones por factores climáticos y de origen fisiográfico.

Palabras clave: *Pinus arizonica* Engelm., variación morfológica, variación geográfica, morfología.

SUMMARY

With the purpose of considering and showing the phenotypic variation of some natural populations of *Pinus arizonica* Engelm, there were evaluated 11 morphologic variables in needles and cones of nine natural populations considering the population as the only variation source. From all the variables analyzed in the present study the length of needles, the number of needles by centimeter, the number of needles by fascicle and the width of needles, were the ones who displayed the greatest variation between populations, whereas the variables with less variation between populations were the length of cone and the length of umbo. According to the variance analysis, the six evaluated characters of needle were highly significant, whereas from the five characters of evaluated cones, three of them were significant and two were not significant. Highly and significant correlations were presented in most of the analyzed variables outstanding: 1) the number of needles by cm with the number of stomas by cm in the three faces of needle, 2) the number of needles by fascicule with the altitude and 3) the length of the needle with the width of the same ones. The analysis of conglomerates formed four groups, in two thirds of the maximum Euclidian distances, which are morphologically different between each other, existing a trend to classify the populations by climatic factors and of physiographic origin.

Key words: *Pinus arizonica* Engelm., morphologic variation, geographic variation, morphology.

INTRODUCCIÓN

El ambiente del lugar ejerce presiones sobre el organismo y su genotipo; como respuesta a esto pueden ser acentuados determinados rasgos o más específicamente, determinadas combinaciones genéticas son perpetuadas con mayor frecuencia en una población con un ambiente determinado, originando la predominancia de un fenotipo particular. Aunque una variación estacional se produce por una combinación de factores ambientales (primordialmente la longitud o duración del día (fotoperíodo) y la temperatura) que actúan a lo largo de cierto período de tiempo. Semejantes variaciones fenotípicas estacionales son a veces de suficiente magnitud como para que una misma especie llegue a recibir dos nombres, al describirse como especies diferentes lo que no son más que diversas formas estacionales (Bell, 1968).

Sin embargo, la variación geográfica puede ser definida como variación fenotípica asociada con la localidad, una amplia área de distribución de la especie implica invariablemente diferencias en una o más características de una parte a otra de su área. Las diferencias, entre ellos son fenotípicas; así puede deberse a factores genéticos, factores ambientales o interacciones entre ellos. Los árboles forestales son fenotípicamente altamente variables (Schoenike, 1976).

Desafortunadamente el *Pinus arizonica* Engelm. ha sido poco estudiado y existen confusiones en cuanto a su clasificación taxonómica y distribución. Sin embargo, es una especie de gran importancia económica, su madera se usa principalmente en la industria de aserrío, para durmientes, postes para teléfono, entre otros.

Existe una variación que es originada por los diferentes ambientes donde crecen los individuos, por lo que los factores ambientales modifican drásticamente la variabilidad en plantas, especialmente en el crecimiento. Por otro lado, las características cualitativas en árboles forestales tienden a ser más heredables y menos influenciadas por el ambiente. También la variación es originada por diferencias genéticas entre las especies, generalmente de mayor grado y originada por la mutación, recombinación genética, migración, deriva genética y selección natural (Zobel y Talbert, 1988).

El conocimiento de la variación dentro de una especie es básico para definir los objetivos de un programa de mejoramiento de árboles. Si la variación encontrada es mínima, se deben utilizar preferentemente técnicas silvícolas en lugar de método genético (Yañez, 1981). De tal modo que en este estudio se planteó evaluar las diferencias que se presentan entre poblaciones con respecto a algunas características morfológicas de *Pinus arizonica* Engelm., determinar las relaciones existentes entre las características morfológicas y las condiciones ambientales de las poblaciones naturales, así como agrupar las poblaciones por afinidad y separarlas por diferencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras en campo

El material vegetativo se obtuvo en nueve poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. (Cuadro 1). En ellas se realizó un recorrido antes de seleccionar los árboles. En cada población se seleccionaron diez árboles con un distanciamiento mínimo entre árbol de 50 metros para disminuir el grado de parentesco entre árboles colectados. Se seleccionaron árboles con características favorables como dominantes, bien conformados, libres de plagas y que al momento de la colecta presentaran conos. Cada árbol se identificó con números progresivos. Las muestras fueron etiquetadas y separadas individualmente. En el campo a cada árbol se le registró altura, diámetro y color de corteza.

Una vez seleccionado el árbol se dividió imaginariamente la copa en cuatro secciones, de las cuales se tomó una muestra de conos y acículas de cada sección de la copa que se mantuvieron separadas para el registro de los datos, de modo que se colectaron cuatro muestras por árbol.

Cuadro 1. Características de nueve poblaciones naturales evaluadas de *P. arizonica* Engelm.

Núm.	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	pp.	Temp.	Roca	Clima
		norte	oeste	(msnm)	(mm.)	°c		
1	Chapultepec,	25° 14'	100° 53'	2350	500-	14-16	Q(s)	BWhw''(e)
	Saltillo.				600			
2	San Marcos	26° 41'	102° 02'	1700	400-	16-18	Q(s)	BSoh(x')(e)
	Cuatro-				500			
	ciénagas							
3	Entronque a	24° 46'	100° 02'	1600	600-	14-16	Q(s)	BSo(h')hw''(e)
	Galeana.				700			
4	Los Lirios,	25° 22'	100° 34'	2800	600-	12-14	Q(s)	BS1kw''(e)
	Arteaga.				700			
5	S. La Casita	25° 12'	101° 26'	2300	500-	14-16	Q(s)	BSohw''(e)
	Parras.				600			
6	S. Encantada	28° 25'	102° 32'	1900	500-	16-18	Q(s)	BSokw(e)
	Ocampo.				600			
7	S. Antonio	25° 28'	100° 33'	2400	500-	14-16	Q(s)	BSohw''(e)
	O. Arteaga.				600			
8	Carbonera,	25° 27'	100° 34'	2600	600-	14-16	Q(s)	BS1kw''(e)
	Arteaga.				700			
9	Guanacevi,	25° 54'	106° 11'	2960	600-	12-14	Q(s)	BS1kw''(e)
	Durango.				700			

Datos obtenidos del Atlas Nacional del Medio Físico, SPP. 1981a, 1981b, 1981c, y CETENAL 1975a, 1975b, 1975c. Pp. (mm.)= Precipitación mínima y máxima anual en milímetros. Temp. °C = Temperatura mínima y máxima anual en grados centígrados.

Medición de las variables en acículas

1. Número de acículas por fascículo; se contaron directamente en dos fascículos que fueron tomados al azar, obteniendo un promedio de cada rama.
2. Largo de las acículas: (LAR) la lectura se tomó con una regla marcada en el Sistema Métrico Decimal (S.M.D.) obteniendo una media, de las mismas acículas que fueron contadas, verificando que estuvieran completas.
3. Ancho de las acículas: (AN) la lectura se repitió dos veces obteniendo el promedio con un vernier marcado en el S.M.D. se realizó a 3 ó 4 cm a partir de la vaina.
4. Largo de la vaina: (VALA) las lecturas fueron hechas en las vainas del año anterior, usando un vernier y registrando las lecturas en milímetros.
5. Número de estomas por cm en las tres caras de la acícula: (NEST) utilizando un microscopio simple y un vernier se registraron las lecturas aproximadamente en la parte media de la acícula realizando dos repeticiones para obtener el promedio.
6. Número de serraciones por cm en la acícula: (NSER) las lecturas se realizaron aproximadamente a la mitad de la acícula, utilizando un microscopio simple y un vernier, se obtuvo el promedio de dos repeticiones hechas.

Medición de las variables en conos

1. Número de conos por verticilo: (NCON) se registró el número de señales de pedúnculos y conos que se encontraron en los verticilos de las ramillas.
2. Largo del cono: (LACO) el tamaño del cono se registró en forma abierta ya que fueron del año anterior. Se obtuvo un cono al azar en el caso de que hubiera más de uno, registrando las lecturas en centímetros y usando un vernier.

3. Ancho del cono: (ANCO) la lectura se realizó de la parte más amplia del cono con un vernier obteniendo el promedio de dos repeticiones y registrando el valor en centímetros.
4. Largo de umbo: (LARUM) la escama se obtuvo al azar a dos cm aproximadamente de la base del cono, la lectura se realizó con un vernier en milímetros.
5. Ancho del umbo: (ANCHU) se utilizó la misma escama a la que se le midió el largo de umbo, en las que se determinaron las lecturas en mm con vernier.

Análisis de la información.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1985) Versión 6. Por medio de este paquete se realizó un análisis de varianza, además se realizó una prueba Tukey para agrupar las poblaciones semejantes, también se hizo un análisis de correlación entre variables fisiográficas, climáticas del sitio con las variables morfológicas del arbolado, por último se realizó un análisis de agrupamiento o dendrograma.

El análisis de varianza se obtuvo considerando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación en la j -ésima variable morfológica de la i -ésima población.

μ = efecto de la media poblacional.

P_i = efecto de la i -ésima población.

E_{ij} = efecto del error aleatorio de la j -ésima observación en la i -ésima población.

$i = 1, 2, 3, \dots, 9$. número de población.

$j = 1, 2, 3, \dots, 40$. número de árbol por población

Análisis de correlación.

El análisis de correlación entre las variables morfológicas se realizó considerando únicamente los valores promedio por árbol, para estas mismas variables con las

variables climáticas, se obtuvo una media por población de cada una de las variables evaluadas. Estos valores promedio de las características morfológicas se compararon con los datos geográficos y climáticos de las poblaciones. Con este procedimiento se obtuvieron los coeficientes de correlación, que son una medida de la mutua relación entre dos variables (Snedecor, 1970) con una probabilidad de cada correlación en porcentaje de significancia.

Análisis de conglomerados.

Este análisis de conglomerados se realizó con el fin de conocer el grado de similitud entre las poblaciones colectadas. La agrupación que se obtiene corresponde a un ordenamiento por semejanzas y diferencias entre las poblaciones, el cual se representa con un dendrograma de agrupamiento que considera a las variables morfológicas evaluadas, correlacionadas entre sí. Para el análisis de agrupamiento se utilizó el procedimiento CLUSTER opción STD y método A (SAS, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las acículas de *Pinus arizonica* Engelm.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de análisis de varianza de las variables de acículas consideradas en el estudio. Para las variables Número de acículas por fascículo (HOJ), Largo de la acícula (LAR), Ancho de la acícula (AN), Largo de la vaina (VALA), Número de estomas por cm en las tres caras de la acícula (NEST), Número de serraciones por cm en la acícula (NSER), se encontraron diferencias altamente significativas.

Al hacer la prueba Tukey para la variable número de acículas por fascículo (HOJ) con las nueve poblaciones se forman cuatro grupos que se representan en el Cuadro 3, el grupo A se formó con las poblaciones 9 y 4 (Guanaceví y Los Lirios) en estas poblaciones se encontró mayor número promedio de acículas por fascículo mientras que en la población 3 (Entronque a Galeana) se encontró el menor número de acículas promedio por fascículo que en el resto de las poblaciones. El número de acículas promedio por fascículo encontradas en las poblaciones colectadas están dentro del rango

que se reporta para el *P. arizonica* que son tres acículas por fascículo, raramente cuatro o cinco (Martínez, 1948).

Cuadro 2. Valores del análisis de varianza de seis caracteres de acículas de *Pinus arizonica* Engelm.

VARIABLE		FV	GL	CM
No. de acículas	(HOJ)	Procedencia	8	3.673**
Largo acículas	(LAR)	Procedencia	8	110.239**
Ancho acículas	(AN)	Procedencia	8	0.108**
Largo de vaina	(VALA)	Procedencia	8	10.851**
No. estomas cm	(NEST)	Procedencia	8	4045.754**
No. serraciones cm	(NSER)	Procedencia	8	3.285**

FV=Fuente de variación; GL=Grados de Libertad; CM=Cuadrados Medios esperados.

**=Altamente significativo

Para el largo de la acícula (LAR) se encontraron valores promedio que van de los 24.81 cm a 13.16 cm al hacer la prueba Tukey para esta variable se encontró que se forman cuatro grupos que se presentan en el Cuadro 3. En las población 3 (Entronque a Galeana) se encontraron los árboles con acículas más grandes mientras que en la población 9 (Guanaceví) se encontraron las longitudes menores. El largo de la acícula encontrado en estas poblaciones es mayor que el reportado por Martínez (1948), que es de 12.5 a 17.5 cm de longitud con excepción de la población 9 (Guanaceví) la cual presenta valores dentro del rango mencionado. Es posible que estos resultados no correspondan con los que menciona Martínez (1948) debido a que los datos que reporta dicho autor, los obtuvo de otras poblaciones que se encuentran en la Sierra Madre Occidental, sin colectar material de la Sierra Madre Oriental, área donde se presentan las otras poblaciones en estudio.

Cuadro 3. Resumen de los valores obtenidos de la prueba de Tukey para las variables de acículas en *Pinus arizonica* Engelm.

PROCEDENCIA (#)	NHOJ (#)	LAR (cm)	AN (mm)	VALA (mm)	NEST (#)	NSER (#)
1	3.3 CD	19.4 C	1.4AB	12.9 D	124.6AB	4.4 B
2	3.6 BCD	22.5ABC	1.3 B	14.7ABC	105.7BC	4.1 BCD
3	3.1 D	24.8A	1.5A	14.0BCD	152.1A	5.5A
4	4.2AB	20.7 BC	1.3 B	15.7 ^a	98.3 BC	4.2 BC
5	3.1 D	20.7 BC	1.5AB	14.9AB	117.4BC	4.3 B
6	3.5 BCD	23.3AB	1.4 B	13.2 CD	90.4 C	3.6 CD
7	4.1 B	22.2ABC	1.3 B	14.8ABC	93.1 C	3.6 D
8	4.1 BC	21.4 BC	1.4 B	14.6ABC	95.3 C	3.9 BCD
9	4.95A	13.1 D	1.1 C	12.7 D	96.5 C	4.1 BCD

NHOJ=Número de hojas por fascículo; LAR=Largo de la acícula; AN=Ancho de la acícula; VALA=Largo de la vaina; NEST=Número de estomas por cm en las tres caras de la acícula; NSER=Número de serraciones por cm.

1=Chapultepec, Saltillo, Coah.

2=Sierra San Marcos, Cuatrocienegas, Coah.

3=Entronque a Galeana, Galeana, Nuevo León.

4=Los Lirios, Arteaga, Coah.

5=S. La Casita, Parras, Coah.

6=S. La Encantada, Ocampo, Coah.

7=S. Antonio de la Osamenta, Arteaga, Coah.

8=La Carbonera, Arteaga, Coah.

9=Guanaceví, Guanaceví, Dgo.

NOTA: Letras iguales en la prueba Tukey son estadísticamente iguales.

En la variable ancho de la acícula (AN) las poblaciones con valores más grandes son la población 3 (Entronque a Galeana) y las poblaciones 5 y 1 (Sierra La Casita y Chapultepec) con la media mayor en el mismo grupo A. En este caso una vez más la población 9 (Guanaceví) tiene la media menor, habiendo una diferencia de la media mayor con la media menor de 0.38 mm se puede observar que la población 3 (Entronque a Galeana) tiene menor número de acículas por fascículo pero acículas más largas, lo que ocasiona acículas más anchas debido a los factores ambientales que quedan representados fenotípicamente en el árbol.

Para la variable longitud de la vaina (VALA) se encontraron valores de 15.73 mm que es el promedio mayor que corresponde a las poblaciones 4 (Los Lirios), en el mismo

grupo A se encuentran las poblaciones 5 (Sierra La Casita) y 7 (Antonio de la Osamenta), mientras que la población con el menor promedio es la población 9 (Guanaceví) donde se encontraron valores promedio de 12.72 mm de longitud de la vaina. Los valores obtenidos en el presente estudio comparados con los valores que muestra Martínez (1948) y Perry (1991) son muy similares, claro está que no son las mismas poblaciones donde se tomaron los datos, esta variable se asocia a la longitud de la acícula y número de acículas por fascículo porque en la población 9 (Guanaceví) otra vez resultaron los valores menores de dicha variable.

Para el número de estomas por cm en las tres caras de la acícula (NEST) se encontraron valores promedio que van de los 152.15 a 90.45 estomas por cm en las tres caras de la acícula al hacer la prueba Tukey para esta variable se encontró que se forman tres grupos. El grupo A, lo forman las poblaciones 3 (Entronque a Galeana) y 1 (Chapultepec) que tienen los promedios más altos, mientras que la población 6 (Sierra La Encantada) tiene el menor número de estomas por cm en las tres caras de la acícula junto con la población 7 (San Antonio de la Osamenta) que forman el grupo C. Esto es muy posible que se deba a la exposición en que se encuentran los árboles muestreados, ya que la población 3 (Entronque a Galeana) se encuentra en un valle plano que forma un rodal poco disperso, sin embargo la diferencia puede estar en que la población 6 (Sierra La Encantada) se encuentra en ladera con poca pendiente a la exposición Sur y forma un rodal disperso, además tiene menos precipitación media anual.

Para la variable número de serraciones por cm en la acícula (NSER), la población 3 (Entronque a Galeana) forma un sólo grupo A con una media de 5.55 serraciones por cm, que es la media más alta. El grupo D lo forman las poblaciones 2 (Sierra San Marcos), 9 (Guanaceví), 8 (Cañón La Carbonera), 6 (Sierra La encantada), y 7 (Antonio de la Osamenta) que resultaron con los valores menores en las medias respectivamente. Por los resultados que reporta Martínez (1948) se confirma que tienen parecido en el número de serraciones por cm con los valores promedio. Esta variable se asocia con el número de estomas por cm en la acícula ya que las mismas poblaciones resultaron diferentes en las dos variables, también influyen las variables largo de acícula y ancho de acícula que forman una acícula más grande, lo que provoca tener mayor número de serraciones por cm, en tanto que las condiciones climáticas también ejercen su presión

ya que difieren para estas dos poblaciones, estas variables tienen un valor taxonómico porque separamos grupos de poblaciones con variables evaluadas parecidas.

Características de conos de *Pinus arizonica* Engelm.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis de varianza para las características de conos en *P. arizonica*. En el número de conos por verticilo (NCON), ancho de conos (ANCO) y ancho del umbo (ANCHU) se encontraron diferencias altamente significativas. En el largo de conos (LACO) hubo diferencias significativas mientras que en largo del umbo (LARUM) no se encontraron diferencias significativas.

En el número de conos por verticilo (NCON) se encontraron valores promedio que van de los 2.32 a 1.20 conos por verticilo, al hacer la prueba Tukey para esta variable se encontró que se forman dos grupos (Cuadro 5). La población 5 (Sierra La Casita) pertenece al grupo A, donde se encontraron los árboles que mostraron mayor número de conos por verticilo, mientras que la población 8 (Cañón La Carbonera) que es la última población del grupo B, los árboles mostraron un menor número de conos por verticilo. Considerando el mecanismo fisiológico del árbol para las dos poblaciones contrastantes en este caso. Posiblemente para la población con menor número de conos por verticilo se deba a que no fue un año semillero, en este caso la variable en estudio no puede representar en realidad las diferencias entre poblaciones, quizá no debería usarse esta variable para el análisis de conglomerados porque probablemente presente diferentes valores en años consecutivos.

Para la variable largo del cono (LACO) se realizó la prueba Tukey con un alfa de 0.10, ya que con un alfa de 0.05 no presentaba grupos distintos. Comparando nuestros valores medios con los valores dados por Martínez (1948) y Perry (1991) están dentro del rango marcado para la especie que es de seis a nueve cm, la población 1 (Chapultepec) forma el grupo A y la población 3 (Entronque a Galeana) forma el grupo B, son las poblaciones contrastantes en esta variable ya que las poblaciones restantes son estadísticamente iguales a las poblaciones de los grupos A y B. Posiblemente un factor importante que influye indirectamente en la variación morfológica de conos es la dispersión de los árboles en esta población, también la posición de los árboles en la población 1 (Chapultepec) que se encuentran en las faldas de la montaña provoca la

diferencia, ya que la población 3 (Entronque a Galeana) se encuentra en planicie con poca exposición sur.

Cuadro 4. Análisis de varianza de cinco caracteres de conos de *Pinus arizonica* Engelm.

VARIABLE		FV	GL	CM
No. conos	(NCON)	Procedencia	8	0.987**
Largo conos	(LACO)	Procedencia	8	3.329*
Ancho conos	(ANCO)	Procedencia	8	2.516**
Largo umbo	(LARUM)	Procedencia	8	3.826ns
Ancho umbo	(ANCHU)	Procedencia	8	9.260**

FV=Fuente de Variación; GL=Grados de Libertad; CM=Cuadrados Medios esperados.

**=Altamente Significativo.

*=Significativo.

ns=No significativo.

La variable ancho del cono (ANCO) con las nueve poblaciones se formaron tres grupos, el grupo A lo forman las poblaciones 1 y 2 (Chapultepec y Sierra San Marcos), en estas poblaciones se encontraron los árboles que tienen los conos más anchos en promedio, mientras que en la población 9 (Guanaceví) se encontraron los árboles con los conos más pequeños. Recordando las variables de las acículas, la población 9 (Guanaceví) ha estado con valores menores, posiblemente lo provocan las características ambientales que ejercen presión sobre la especie que ha hecho cambiar su fenotipo con el paso del tiempo, también existe la posibilidad de que influyan las características fisiográficas en la especie de la población 9 (Guanaceví) ya que se encuentra en la Sierra Madre Occidental que difiere de las poblaciones que se encuentran en la Sierra Madre Oriental.

El ancho del umbo (ANCHU) en la prueba Tukey mostró que las poblaciones 2 (Sierra San Marcos) y 9 (Guanaceví) tiene la media más alta en el ancho del umbo, pero en el mismo grupo A se encuentran las poblaciones 1 (Chapultepec), 5 (Sierra La Casita), 6 (Sierra La Encantada), 3 (Entronque a Galeana), 4 (Los Lirios) y 7 (San Antonio de la Osamenta). La población 8 (Cañón La Carbonera) tiene la media más baja, lo que es estadísticamente diferente de las poblaciones 2 (Sierra San Marcos) y 9 (Guanaceví), las

poblaciones restantes pertenecen a ambos grupos. Probablemente se debe a la genética de la especie por presentar conos ovoides y simétricos, que al aumentar el tamaño del cono el umbo es más ancho, posiblemente la causa es que produce mejor semilla como respuesta a la poca precipitación como estrategia para conservar la especie en el lugar.

Cuadro 5. Resumen de los valores obtenidos de la prueba Tukey para las variables de conos de *Pinus arizonica* Engelm.

PROCEDENCIA (#)	NCON (#)	LACO (cm)	ANCO (cm)	ANCHU (mm)
1	1.7AB	9.4A	7.5A	15.4AB
2	1.7AB	9.2AB	6.9AB	15.6A
3	1.8AB	7.8 B	6.3 BC	13.9AB
4	1.7AB	8.4AB	6.8ABC	13.8AB
5	2.3A	8.1AB	6.1 BC	14.7AB
6	1.5 B	9.2AB	6.8ABC	14.3AB
7	1.6AB	8.6AB	6.8ABC	13.5AB
8	1.2 B	8.3AB	6.8ABC	12.9 B
9	1.3 B	8.2AB	5.8 C	15.5A

NCON=Número de conos por verticilo; LACO=Largo del cono; ANCO=Ancho del cono; ANCHU=Ancho del umbo.

1=Chapultepec, Saltillo, Coah.

2=Sierra San Marcos, Cuatrocienegas, Coah.

3=Entronque a Galeana, Galeana, Nuevo León.

4=Los Lirios, Arteaga, Coah.

5=S. La Casita, Parras, Coah.

6=S. La Encantada, Ocampo, Coah.

7=S. Antonio de la Osamenta, Arteaga, Coah.

8=La Carbonera, Arteaga, Coah.

9=Guanaceví, Guanaceví, Dgo.

NOTA: Letras iguales en la prueba Tukey son estadísticamente iguales.

La variable largo del umbo (LARUM) con el análisis de varianza mostró no tener diferencias entre poblaciones, al tener los resultados del análisis anterior se decidió no hacer la prueba Tukey. Probablemente las diferencias climáticas entre las poblaciones no fueron lo suficientemente fuertes como para causar diferencias significativas en esta característica.

Análisis de correlación

Se presentan únicamente los resultados del análisis de correlación que resultaron significativos en acículas (Cuadro 6). La variable altitud y la variable número de acículas por fascículo tienen una correlación positiva, grande (0.785) y altamente significativa, lo que indica que las poblaciones a mayor altura sobre el nivel del mar en este estudio, resultaron tener mayor número de acículas. Considerando que en mayores altitudes hay más humedad por el choque de las nubes con las partes altas de las montañas y la menor temperatura, posiblemente el árbol forma más acículas por tener mayor disponibilidad de humedad.

Cuadro 6. Resultados del análisis de correlación para las variables en acículas.

	Altitud (msnm)	Temperatura Centígrados	No. de acículas	Largo de acículas	de Ancho acículas	de No. de estomas	de serraciones
No. de acículas	0.7854						
	0.0121						
Largo de acículas	-0.7640	0.6354		-0.7065			
	0.0165	0.0659		0.0334			
Ancho de acículas				-0.9001	0.7669		
				0.0009	0.0159		
No. de estomas				-0.6638		0.7354	
				0.0512		0.0239	
No. de serraciones						0.9462	0.0001

Para la altitud y largo de la acícula, la correlación resultó ser negativa, grande (-0.764) y altamente significativa, lo que significa que a mayor altitud tienden a ser más cortas las acículas. Tomando en cuenta la correlación positiva entre la altitud y el número de acículas por fascículo, posiblemente la correlación negativa entre altitud con tamaño de la acícula se deba a que el árbol forma sus defensas, ya que a mayor altitud se presentan

nevadas más frecuentes, de tal manera que el árbol forma acículas más pequeñas para evitar los desgarres por causa de la nieve.

La temperatura promedio anual del sitio con el largo de las acículas resultó ser una correlación positiva (0.635) significativa, lo que indica que en las poblaciones donde es mayor la temperatura promedio anual hay árboles con acículas más largas. Probablemente las poblaciones donde se presenta mayor temperatura se encuentran más al Sur y considerando la precipitación media anual de las poblaciones, entendemos que al haber más temperatura hay más radiación solar y está a la vez provoca que el árbol presente más área foliar para fotosintetizar, que se manifiesta con acículas más grandes.

Entre el largo de la acícula y el número de acículas por fascículo existe una correlación negativa, grande (-0.706) y altamente significativa, esto se puede interpretar como que las poblaciones que disminuyen en número de acículas por fascículo tienen acículas más grandes. Recordando que al tener mayor altitud tienen mayor número de acículas y relacionándolo, que a menor altitud hay mayor largo de la acícula, posiblemente sea debido a la influencia de las características fisiográficas, que intervienen indirectamente ya sea porque hay mayor precipitación a mayor altitud, o bien porque la disminución de temperatura tiende a reducir el tamaño de la acícula.

Para el número de acículas y el ancho de las mismas, se presentó una correlación negativa, grande (-0.900) y altamente significativa, lo que se interpreta que en las poblaciones donde hay mayor número de acículas por fascículo, tienen más angostas las acículas, es decir al unir el número de acículas por fascículo forma un círculo que al hacer más divisiones lógicamente son más angostas.

Existe una correlación positiva, grande (0.766) y altamente significativa, entre el largo de la acícula y ancho de las mismas, lo que indica que existen poblaciones que tienen el follaje más grande como ya mencionó Martínez (1948) y Perry (1991) que esta especie presenta acículas tiesas y fuertes, por lo que forma acículas más grandes y gruesas.

Para los coeficientes de número de acículas por fascículo y número de estomas por cm en las tres caras de la acícula la correlación resultó ser negativa (-0.663) y es significativa. Lo anterior es debido probablemente a que las poblaciones que tienen

mayor número de acículas tienen un menor número de estomas por cm en las tres caras de la acícula. Probablemente se deba a un proceso fisiológico que al tener más acículas reduce el número de estomas en las acículas, para no perder cantidades altas de agua y mantener un equilibrio hídrico.

Una correlación que resulta positiva, grande (0.735) y altamente significativa, es para el número de estomas por cm en las tres caras y ancho de la acícula, en las poblaciones que tienen más gruesas las acículas tienden a formar mayor número de estomas por cm en las tres caras de la acícula. Probablemente donde la humedad no es un factor limitante, el árbol para tener más actividad fisiológica forma más estomas para una mayor transpiración, lo que provoca tener más anchas las acículas.

Existe una correlación positiva, grande (0.946) y altamente significativa entre el número de serraciones por cm y el número de estomas por cm en las tres caras. Ello significa que en las poblaciones que tienen mayor número de serraciones por cm también tiene mayor número de estomas, posiblemente los factores climáticos y fisiográficos influyen de la misma manera en las dos variables.

La precipitación y largo del cono presentó una correlación negativa (-0.694) y significativa, lo que indica que en las poblaciones donde hay poca precipitación los conos son más largos. Posiblemente se deba a que el árbol dirige todas sus reservas estando en dichas condiciones hacia los conos, lo que provoca que crezca más el cono y forme más semillas, como estrategia de la especie para perpetuarse (Cuadro 7).

Existe una correlación negativa, grande (-0.812) y altamente significativa, entre la precipitación y el largo del umbo, lo que indica en las poblaciones con menor precipitación tendremos el umbo más largo. Conociendo la forma del cono y considerando la correlación negativa entre la precipitación y largo del cono se puede decir que teniendo menos precipitación hay conos más grandes que provoca que tengamos en las escamas de los conos el umbo más largo.

Cuadro 7. Resultados del análisis de correlación para las variables en conos.

	Precipitación	Largo de cono	Largo de umbo
Largo de cono	-0.6946		
	0.0378		
Ancho de cono		0.7824	
		0.0127	
Largo de umbo		0.6869	
		0.0409	
Ancho de umbo			0.7602
			0.0174

Existe una correlación positiva, grande (0.784) y altamente significativa, entre largo del cono y ancho del mismo, esto indica que en las poblaciones con conos largos tienen también conos más anchos. Esto es debido a que *Pinus arizonica* tiene conos ovoides, casi extendidos, simétricos, estas variables se encuentran similares con las reportadas por Martínez (1948).

La correlación entre el largo del umbo y ancho del mismo resultó positiva, grande (0.760) y altamente significativa, lo que indica que en las poblaciones que tiene un mayor largo del umbo también tiene un mayor ancho del umbo, dando como resultado escamas más grandes, posiblemente al igual que las variables de las acículas están asociadas unas con otras, en el caso de los conos al tener un cono más grande, las demás variables del cono tienen valores más altos.

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados agrupó a las poblaciones por similitudes de las variables estudiadas, correlacionadas entre sí. La distancia euclíadiana promedio máxima fue de 1.4, al realizar un corte a las dos terceras partes de esa distancia (0.93), se definen cuatro grupos.

Los grupos formados son los siguientes:

Grupo I integrado por las poblaciones 4 (Los Lirios) y 7 (San Antonio de la Osamenta) en las variables evaluadas, estas dos poblaciones tienen los valores más parecidos estando en el mismo grupo la población 8 (Cañón la Carbonera).

Grupo II que lo forman las poblaciones 2 (sierra San Marcos), 6 (Sierra La Encantada) y 1 (Chapultepec), resultando muy parecidas las poblaciones 2 (Sierra San Marcos) y 6 (Sierra La Encantada) en las variables evaluadas.

Grupo III formado por las poblaciones 3 (Entronque a Galeana) y 5 (Sierra la Casita).

Grupo IV que lo forma la población 9 (Guanaceví), que es totalmente diferente a las demás por tener valores diferentes en las variables morfológicas evaluadas y por estar ubicada geográficamente más al Oeste y a una mayor altitud.

El agrupamiento entre las poblaciones del grupo I se basa principalmente en que están ubicadas geográficamente cerca una de otra y tienen en común, que cada población se encuentra entre cañones montañosos donde existe mayor precipitación y más alta humedad relativa con menor temperatura media anual, estos factores directa o indirectamente influyen en el fenotipo de la especie provocando diferencias con otras poblaciones en las variables morfológicas, como es el caso del grupo II, que en este caso particular las poblaciones 2 (Sierra San Marcos) y 3 (Entronque a Galeana), forman un bosque puro encontrándose en mesetas con poca pendiente y para la población 1 (Chapultepec) se encuentra en las faldas de la montaña con exposición Norte, tienen diferencias geográficas grandes, sin embargo son muy parecidas morfológicamente a las poblaciones del grupo I. Las causas posibles de las separaciones en grupos es debido a factores ambientales que ejercen presión en las variables morfológicas estudiadas.

El grupo II tiene parecido su fenotipo al del grupo III, la población 3 (Entronque a Galeana) junto con la población 5 (Sierra La Casita), son las poblaciones que se

encuentran más al Sur, teniendo en común poca exposición Sur, lo que provoca diferencias morfológicas marcadas con las poblaciones del grupo I.

La influencia del hombre en el bosque se nota claramente, al encontrar poblaciones contrastantes en su fenotipo. Posiblemente debido al hacer selección de árboles en el rodal, se encuentran poblaciones diferentes en caso particular, la población 9 (Guanaceví) que forma un solo grupo, el grupo IV es contrastante en el fenotipo con los tres grupos de poblaciones restantes.

La población 9 (Guanaceví) tiene grandes diferencias morfológicas con respecto a las otras poblaciones evaluadas en la mayoría de las variables; se supone que estas diferencias morfológicas se deben a un intercambio restringido de genes con el resto de las poblaciones. Es posible que estas diferencias se deban a una selección del arbolado favoreciendo a una mayor frecuencia de combinaciones génicas entre los árboles que se encuentran en la población, también se están adaptando para crecer y reproducirse bajo condiciones ambientales al sitio en el cual se están desarrollando (Wright 1964; Barret, 1972; Zobel y Talbert, 1988).

Las poblaciones 3 (Entronque a Galeana) y 5 (Sierra La Casita) que forman el grupo III tienen semejanza entre ellos por los valores obtenidos, tienen un distanciamiento geográfico considerable, por lo que se piensa que las poblaciones han tenido una evolución similar por medio de la selección natural, al estar sometidas a las mismas presiones ambientales (Callahan, 1964).

Al hacer un corte a seis séptimas partes de la máxima distancia euclíadiana promedio (1.2) se agrupan perfectamente dos grupos de poblaciones y se representa un grupo formado únicamente por la población 9 (Guanaceví) y otro grupo formado por las ocho poblaciones restantes, es decir, las poblaciones de la Sierra Madre Oriental forman un grupo aparte de la población de la Sierra Madre Occidental, donde se colectó a una altitud de 2960 m que tiene suelos originados en rocas volcánicas.

Para la Sierra Madre Oriental algunas ocasiones alcanzan elevaciones de hasta 2800 m como en el caso de Los Lirios y tienen suelos originados en rocas calizas sedimentarias de origen marino que son características en casi todo lo largo de la sierra. Las vertientes

montañosas directamente expuestas a la acción de vientos procedentes del mar son a menudo afectadas por la neblina, sobre todo, la Sierra Madre Oriental y en menor grado, la Sierra Madre Occidental. El interés ecológico de la neblina estriba principalmente en el hecho de que al impedir la insolación directa y al mantener alta la humedad del aire reduce al mínimo las pérdidas de agua por parte de las plantas (Rzedowski, 1986).

CONCLUSIONES

- La variable largo del umbo con el análisis de varianza mostró no tener diferencias entre poblaciones.
- La variable altitud y la variable número de acículas por fascículo tienen una correlación positiva, grande (0.785) y altamente significativa, lo que indica que las poblaciones a mayor altura sobre el nivel del mar en este estudio, resultaron tener mayor número de acículas.
- Para la altitud y largo de la acícula, la correlación resultó ser negativa, grande (-0.764) y altamente significativa, lo que significa que a mayor altitud tienden a ser más cortas las acículas.
- Para el número de acículas y el ancho de las mismas, se presentó una correlación negativa, grande (-0.900) y altamente significativa, lo que se interpreta que en las poblaciones donde hay mayor número de acículas por fascículo, tienen más angostas las acículas, es decir al unir el número de acículas por fascículo forma un círculo que al hacer más divisiones lógicamente son más angostas.
- El análisis de conglomerados agrupó a las poblaciones por similitudes de las variables estudiadas, correlacionadas entre sí. La distancia euclíadiana promedio máxima fue de 1.4.

LITERATURA CITADA

Barret, W. H. G.

- 1972 **“Variación de caracteres morfológicos en poblaciones naturales de *Pinus patula* Schl. et Cham. en México”**. I.D.I.A. Suplemento Forestal. No. 7: 9-35.

Bell, R. C.

- 1968 **“Variación y clasificación de las plantas”**. Ed. Herrero Hermanos Sucesores, S.A. México. 142 pp.

Callaham, R. Z.

- 1964 **“Investigación de procedencias: estudio de la diversidad genética asociada a la geografía”**. Unasylva 18 (2-3).

Cetenal

- 1975a **“Carta Geológica”**. G14 C34 Saltillo. Esc. 1:50 000 Secretaría de la Presidencia.

- 1975b **“Carta Topográfica”**. G14 C32 General Cepeda Esc. 1:50 000 Secretaría de la Presidencia.

- 1975c **“Carta Topográfica”**. G14 A11 Guadalupe. Esc. 1:50 000 Secretaría de la Presidencia.

Martínez, M.

- 1948 **“Los Pinos Mexicanos”**. 2a. Edición Ed. Botas México 361 pp.

Perry J.P.

- 1991 **“The Pines of Mexico and Central America”**. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. 231 pp.

Rzedowski, J.

- 1986 **“Vegetación de México”**. Ed. LIMUSA. México. 431 pp.

Statistical Analysis System.

- 1985 **“User’s Guide: Statics”**. Versión 6. 1028 pp.

Schoenike, R. E.

- 1976 **“Geographical variation in jack pines (*Pinus banksiana* Lamb.)”** Agricultural Experiment Station. University of Minnesota. Tech. Bull. 47:3

Snedecor G.W.

- 1970 **“Métodos Estadísticos”**. CECSA. México. p. 32-58.

Wright J.W

1964 **“Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO Estudios de Silvicultura y Productos Forestales”.** No.16 Roma. 436 pp.

Yañez M.

1981 **“Estudio de variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* de tres localidades de su distribución natural”.** Tesis profesional. UACH. Chapingo, México. 173 pp.

Zobel J. B. y J. Talbert

1988 **“Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales”.** LIMUSA, México. 595 pp.