

Agraria

AGRARIA VOL. 12, NUMERO 1; ENERO-JUNIO DE 1996

ISSN 0186-8063



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO
Buenavista, Saltillo., Coah., México
www.uaaan.mx

DIRECTORIO DE LA UAAAN

RECTOR

Ing. Refugio A. del Campo Pérez

SECRETARIO GENERAL

Ing. Héctor González Domínguez

DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO

Dr. Miguel Ángel Capo Arteaga

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Eduardo A. Narro Farías

SUBDIRECTOR DE DESARROLLO DEL PERSONAL CIENTÍFICO

M.C. Fidel Cabezas Melara

SUBDIRECTOR DE PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN CIENTÍFICA

M.C. Jesús García Camargo

SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN DE PROGRAMAS

M.C. Luis Ángel Muñoz Romero

AGRARIA. UAAAN. VOL. 12 NUM. 1. ENERO-JUNIO DE 1996

AGRARIA. Es una revista científica creada para difundir los resultados de la investigación generados, preferentemente, por los maestros y alumnos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se publica 2 veces al año, con tiraje de 1000 ejemplares.

Comité Editorial: Dr. Oswaldo García Martínez, Dr. Eduardo A. Narro Farías, M.C. Luis Pérez Romero, M.Sc. Felipe Rodríguez Cano, Dr. Jesús Valdés Reyna, Lic. Jesús M. Álvarez Farías y Lic. Oscar Martínez Ramírez. Editores asociados al comité: Dr. Jorge S. Marroquín de la Fuente, M.C. Jesús García Camargo y Lic. Norma Sánchez García.

La edición de esta publicación estuvo a cargo del personal de la Dirección de Investigación de la UAAAN e impresa bajo la supervisión del Departamento Editorial en los talleres gráficos de la UAAAN.

CENTEOTL. Deidad de la Agricultura; es una advocación de Chicomecóatl, Diosa del Maíz de los Aztecas. La UAAAN, en su afán de rescatar los valores culturales del pasado histórico de México ha adoptado como logotipo de la revista a Centéotl, como un símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

Esta publicación se terminó de imprimir bajo la supervisión del Departamento Editorial en octubre de 1999, en los talleres gráficos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Agropapia

AGRARIA VOL. 12, NUMERO 1; ENERO-JUNIO DE 1996

ISSN 0186-8063



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO
Buenavista, Saltillo., Coah., México
www.uaaan.mx

CONTENIDO

POLINIZACIÓN DEL MANZANO UTILIZANDO ABEJAS EN SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA, MÉXICO. Inocente Mata Beltrán, Gerardo León Díaz, Regino Morones Reza.	1
ESTIMACIÓN DE PARAMETROS GENÉTICOS EN <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Salvador Valencia Manzo, J. Jesús Vargas Hernández, Miguel A. Capó Arteaga.	10
VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Pinus durangensis</i> Mtz (Pinaceae) EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA "LA MICHILÍA", DURANGO, MEXICO. Abel García Arévalo, Laura Rentería Arrieta	27

**POLINIZACIÓN DEL MANZANO UTILIZANDO ABEJAS EN
SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA, MÉXICO**

**Honeybee apple pollination
in the state of Coahuila, Mexico**

Inocente Mata Beltrán,
Gerardo León Díaz,
Regino Morones Reza

RESUMEN

Las principales variedades de manzano en Sierra de Arteaga, Coahuila presentan autoincompatibilidad y, por ende, bajo amarre de fruto. Una alternativa de solución es la polinización por medio de abejas. Al respecto, se llevó a cabo una experimentación en el huerto "Los Lirios", que involucra los siguientes factores: dos variedades, *red* y *golden delicious*; dos manejos de yemas florales, con y sin acceso de abejas; y tres distancias (2, 81 y 144m) entre árboles experimentales y los nueve cajones del apiario. El diseño experimental consistió en un arreglo factorial de tratamientos 2x2x3, cuatro repeticiones. Las variables de interés fueron: tamaño de población apícola (fortaleza), amarre de frutos a 11 días de floración completa, y la proporción de frutos con semillas, como indicadores del éxito de la polinización. En este trabajo se pudo constatar que la presencia de abejas durante floración favorece el amarre de fruto en promedios de 75% para *golden* y 76% para *red delicious*.

Palabras clave: *Malus sylvestris*, var. *golden delicious*, var. *red delicious*, polinización, *Apis mellifera*

Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

ABSTRACT

The most important apple varieties grown in Sierra de Arteaga (20 miles East to Saltillo, state of Coahuila, Mexico) have shown self-incompatibility leading to a low fruit-set. A possible solution can be the use of honeybee for pollination. To validate this, an experiment was carried on at "Los Lirios", Sierra de Arteaga; the apple orchard (3.8 ha, 159 trees ha⁻¹, cultivars *red* and *golden delicious*) was added with nine bee colonies at the center of the field. Four trees by cultivar at 2, 81 and 144 m apart from the apiaries were marked. Before flower setting, 80 identified floral buds on trees were and were not covered with a sack of tulle fabric to reject or to let the bees access to flowers. Data for fruit-set were registred 11 days after full bloom; the fruit persistence was evaluated every 10 days, nine times; the statistical analysis was a pertinent for a 2x2x3 factorial traits arrangement (two varieties, two bud covering, three apiary-trees distances); mean comparissons were performed using the Tukey mean test. The strenght of bee population was also measured. Fruit-set averaged at 75% for *golden delicious* and 76.5% for *red delicious* was determined to be promoted by honeybees, overcoming the self-incompatibility evidences by a less than 10% of fruit-setting when the flowers were tulle fabric covered.

Key words: *Malus sylvestris* L.,cv. *Golden delicious*, cv. *Red delicious*, *Apis mellifera*, pollination.

INTRODUCCIÓN

La polinización es la transferencia de los granos de polen de la antera al estigma de la flor, conociéndose como autopolinización cuando ocurre en la misma flor para plantas hermafroditas; cuando esto ocurre entre flores de la misma planta o entre diferentes plantas (monóicas o dióicas), se denomina polinización cruzada. La simple polinización no siempre asegura el amarre de fruto, ya que existen plantas autoincompatibles o incompatibles. El manzano incluye variedades de los dos tipos (Socias, 1987). Tanto la autoincompatibilidad como la incompatibilidad cruzada demandan la presencia de una fuente de polen y de un medio como polinizador. En manzano, la fuente tradicional de polen es la variedad *golden delicious* y el polinizador más eficiente es la abeja *Apis mellifera* que promueve hasta el 90% de su polinización (Childers, 1973). Es de utilidad mencionar que algunas variedades de manzano presentan el fenómeno de la partenocarpia, que bajo condiciones normales pueden dar suficiente cosecha (Socias, 1987).

Por otra parte, la visita apícola no siempre asegura la polinización cruzada ya que a mayor longitud y rigidez de los estambres, la abeja se posa en los pétalos y no toca los estigmas al succionar el néctar (sideworking) como ocurre en el 50% de las flores en la variedad *red delicious*. En condiciones contrarias, la abeja se posa sobre los estambres (topworking) permitiendo que ocurra la polinización en hasta 65% en *golden delicious* (Mayer *et al.*, 1985 b). Una flor de manzano requiere aproximadamente 68 visitas del insecto para producir una fruta de calidad, por tal razón es recomendable colocar hasta cinco colmenas ha-1; un índice de buena población apícola en el huerto lo proporcionan de 20 a 25 abejas por árbol por minuto en días soleados (Mayer *et al.*, 1986).

En la mayoría de las regiones manzaneras, la variedad *golden delicious* es autocompatible, mientras que *red delicious* es autoincompatible y de bajo rendimiento. Sin embargo, en la región de Arteaga, Coahuila, ambas variedades tienen problemas de amarre de fruto. Por esta razón, el objetivo fue evaluar la presencia de abejas durante la floración para incrementar el amarre de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se realizó durante el año de 1996 en un huerto de manejo tradicional (huerto San Pedro) localizado en Los Lirios, a 25°25'13" latitud Norte y 100°38'03" longitud Oeste y una altitud de 2,260 msnm, en la región de Arteaga, Coahuila. El huerto está plantado con las variedades *golden* y *red delicious* en una relación de 1:1 a distancias de 9x7 m (159 árboles ha-1), de 40 años de edad y una superficie total de 3.8 ha.

Durante el mes de marzo, 15 días antes del inicio de la floración, se colocaron nueve colmenas al centro del huerto y a partir de ahí se seleccionaron cuatro árboles por variedad, a distancias de 2, 81 y 144 m (próxima, media y lejana) del apiario. Para cada variedad y distancia se cubrieron con tela tul 80 yemas florales (flores sin abejas); en el mismo árbol se etiquetaron otras 80 yemas a libre vista de las abejas (flores con abejas).

La población o fortaleza de las colmenas se determinó, durante el periodo de floración, como el número de abejas entrando por minuto a la colmena mediante tres lecturas realizadas entre las 11:00 y 12:40 horas, cada tres o cuatro días, en tres ocasiones. El porcentaje de amarre de fruto se determinó 11 días después de floración completa. Asimismo, se registró, cada 10 días, la permanencia de los frutos en los árboles, totalizando

nueve lecturas en las fechas siguientes: 27 de abril; 6, 15 y 26 de mayo; 5, 16 y 26 de junio; 5 y 27 de julio; la cosecha se llevó a cabo el 19 de agosto.

El análisis estadístico correspondió al de un arreglo de tratamientos 2x2x3, que denotan los factores: cubiertas (con y sin abejas), variedades (*golden* y *red delicious*) y distancias (2, 81 y 144 m). Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

Con la finalidad de analizar en mayor detalle el amarre de fruto, a la cosecha se tomaron 25 manzanas de cada tratamiento y se registraron peso, tamaño, lóculos con semilla y número de semillas por fruto, datos que se analizaron de acuerdo a un factorial 3x2, que alude a los factores distancias y variedades, respectivamente.

Con la intención de corroborar el papel de las abejas en la polinización del manzano, se levantaron los mismos datos en un huerto de manejo intensivo (huerto "El Milagro", Cañón de Huachichil, misma Sierra de Arteaga) que tuvo, durante la floración, seis colmenas por hectárea (dos punto cinco veces mayor que la huerta del experimento) y el suministro de 711 g de polen por hectárea en las piqueras de las colmenas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para porcentaje de amarre de fruto y su permanencia en los árboles sólo se presentan los datos de la primera y última de las nueve lecturas (Cuadro 1), observándose que existe diferencia significativa ($p < .05$), únicamente para el tratamiento de flores sin abejas y flores con abejas, indicando que la ausencia de abejas provoca un deficiente amarre de fruto para las variedades *red* y *golden delicious* con promedios de 8.3 y 13.7% para la primera lectura y de 1.3 y 5.3% para la última lectura, respectivamente; en cambio, con la presencia de abejas el amarre de fruto para ambas variedades y fechas de lectura se mantiene con un promedio superior a 80%, coincidiendo con lo publicado por Childers (1973), Socias (1987), y Mayer (1992), quienes resaltan la importancia de la polinización apícola en el cultivo del manzano.

Al graficar el comportamiento del amarre de fruto y su permanencia en los árboles (Figura 1) a través de las nueve lecturas (tres meses), se observa que para variedades y distancias al apiario el amarre de fruto es superior al 80% para las "con abejas", excepto para la distancia lejana en *red delicious* y para la distancia próxima en *golden delicious*; sin embargo,

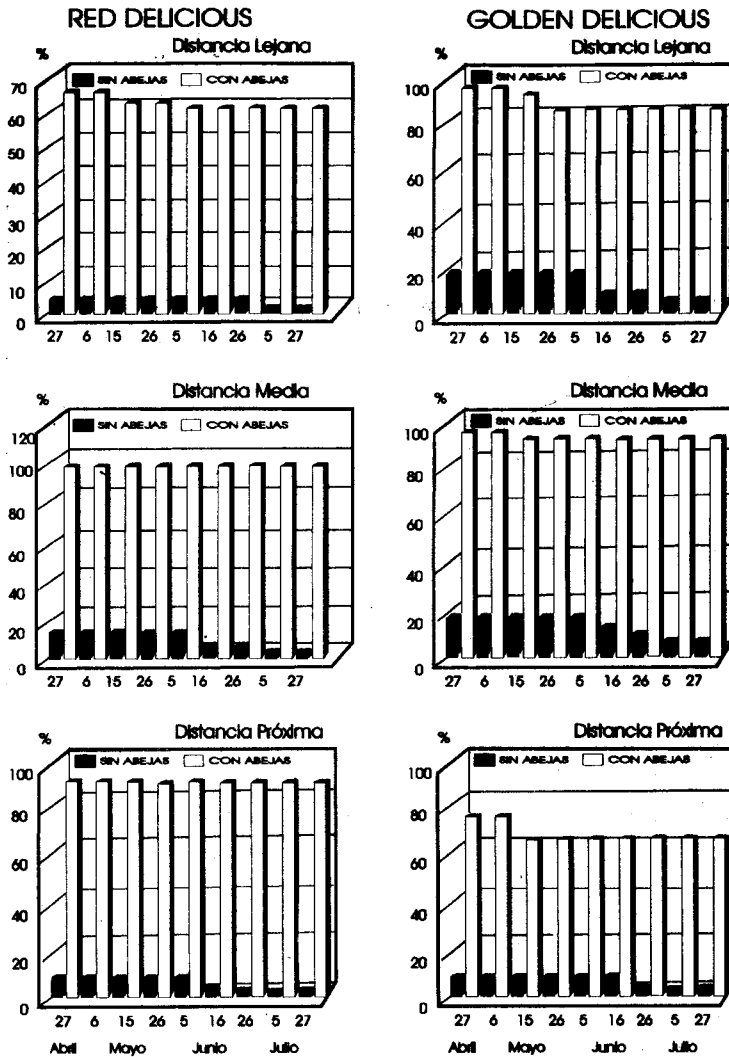


Figura 1. Amarre permanencia de frutos.

Cuadro 1. Porcentaje de amarre de fruto en dos variedades de manzano según la distancia de árboles al apiario durante el periodo de floración.

Variedad	Flores	Distancia del apiario			Promedio
		Próxima	Media	Lejana	
primera lectura: 27 abril 1996					
<i>Red delicious</i>	sin abejas	8	13	4	8.3 b
	con abejas	90	99	65	84.7 a
<i>Golden delicious</i>	sin abejas	6	15	20	13.7 b
	con abejas	78	95	93	88.7 a
última lectura: 27 julio 1996					
<i>Red delicious</i>	sin abejas	1	3	0	1.3 b
	con abejas	90	99	61	83.3 a
<i>Golden delicious</i>	sin abejas	3	7	6	5.3 b
	con abejas	66	91	84	80.3 a

Cuadro 2. Promedio de la fortaleza de las colmenas utilizadas en el presente estudio.

Día	Hora	Entrada abejas/minuto
09 de abril	11.45	75.4
13 de abril	12.40	76.4
16 de abril	11:00	72.5
Promedio		74.8

no existe diferencia significativa entre distancias, lo que probablemente se deba a que dichas distancias son fácilmente recorridas por las abejas, ya que en otros estudios la distancia entre colmenas en huertos se ubicó de 135 y hasta 273 m (Mayer *et al.*, 1985a).

Los valores altos de amarre de fruto para la distancia media de ambas variedades y los valores bajos en la distancia próxima de *golden delicious* se deben probablemente, más a las características propias de las flores que a la presencia de las abejas, pues era de esperarse que la distancia próxima presentara los valores más altos, suposición que no se cumplió.

Otro factor determinante al respecto es la fortaleza ó población de las colmenas presentes en el experimento; aquí, el número promedio de abejas que entró a la colmena por minuto fue de 74.8 (Cuadro 2) coincidiendo con el valor de colmenas fuertes como lo expresan Mayer *et al.*, (1986), esto, a pesar de que el número de colmenas por hectárea fue la mitad de lo recomendado para manzano (Mayer, 1992). De cualquier modo, puede establecerse que los resultados obtenidos son favorables, dado que el manzano requiere del 5 al 10% de amarre del total de sus flores para tener una cosecha económicamente rentable (Elfving, 1994).

Al comparar los datos del porcentaje de amarre de fruto, lóculos con semilla y semillas por fruto bajo la condición de presencia de abejas entre el huerto "San Pedro", de manejo tradicional, con el huerto "El Milagro", de manejo intensivo (Cuadro 3), se observa que para amarre de fruto no existe diferencia significativa entre variedades para cada huerto, en cambio para lóculos con semilla y semillas por fruto la variedad *red delicious* presenta los valores más altos a mayor cantidad de colmenas ha-1 (huerto El Milagro), pero a menor cantidad de colmenas ha-1 (huerto San Pedro), la variedad *red delicious* presenta los menores valores para las mismas variables, por tal razón esta variedad es más sensible a la presencia o ausencia de abejas probablemente debido a la morfología de la flor, que afecta la conducta de pecoreo (actividad sobre las flores) de las abejas (Mayer *et al.*; 1985b).

Cuadro 3. Efecto de la presencia de abejas en dos huertos de manzano con diferente tecnología de producción. Sierra de Arteaga, Coahuila. 1996.

Variedad	% amarre de fruto	Lóculos con semilla	Semillas/fruto
Huerto "El Milagro" Cañón del Huachichil; 6 colmenas ha-1 y variedades separadas*			
<i>Red delicious</i>	42.0	3.12 a	3.60 a
<i>Golden delicious</i>	41.4	2.14 b	2.46 b
Huerto "San Pedro" Los Lirios; 2.4 colmenas ha-1 y variedades intercaladas**			
<i>Red delicious</i>	38.2	4.02 b	6.17 b
<i>Golden delicious</i>	36.6	4.49 a	6.85 a

* 888 árboles ha-1 de 20 años de edad con suministro de 711 g ha-1 de polen puesto en la piquera de las colmenas.

** 158 árboles ha-1 de 40 años de edad.

CONCLUSIONES

El amarre promedio de fruto en manzanos de la Sierra de Arteaga es de 75 a 76%, en las variedades *golden* y *red delicious*, logrado con la presencia de abejas.

La variedad *golden delicious* en nuestra región manzanera se comporta tan autoincompatible como *red delicious*.

LITERATURA CITADA

Childers, N.F. 1973. *Modern Fruit Science*. Fifth Edition. Rutgers University. USA. pp. 134-135.

Elfving, D. 1994. Flower formation and fruit set in apple. A primer. *The Good Fruit Grower* 45(17): 69-71.

Mayer, D.F., C.A. Johansen, J.D. Lunden. 1985a. Colony strength important for bee selection. *The Good Fruit Grower* 36(8): 8-9.

Mayer, D.F., C.A. Johansen, J.D. Lunden. 1985b. Topworking of honey bees an apple bloom studied. *The Good Fruit Grower* 36(9): 46.

Mayer, D.F., C.A. Johansen, D.M. Burgett. 1986. Bee pollination of tree fruit. *A Pacific Northwest Extension Publication Bulletin*. PNW 0282. 10 p.

Mayer, D.F. 1992. Effective fruit set depends on good pollination plan. *The Good Fruit Grower* 43(8): 28-29.

Socias, R. 1987. La polinización de los frutales. *Hojas Divulgadoras*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 20 p.

**ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS EN
Pinus caribaea Morelet var. *caribaea***

**Estimates of Genetic Parameters in
Pinus caribaea Morelet var. *caribaea***

Salvador Valencia Manzo¹,
J. Jesús Vargas Hernández²
Miguel A. Capó Arteaga¹

RESUMEN

Dos ensayos de progenie de familias de medios hermanos de *Pinus caribaea* var. *caribaea* procedentes de un huerto clonal de La Sabana, Oax., establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar fueron evaluados de 1989 a 1991, con el objetivo de estimar la variación y el grado de control genético existente en el diámetro y la altura de planta durante los primeros dos años de edad. Las heredabilidades estimadas tuvieron valores cercanos a la unidad, siendo mayores para las medias de familia que a nivel individual. Las correlaciones genéticas también presentaron valores cercanos a la unidad, lo que permite la posibilidad de utilizar la selección indirecta para obtener mayores ganancias; las correlaciones fenotípicas presentaron valores muy variables desde 0.22 hasta 0.85. Tres de las 13 familias comunes en ambas pruebas, presentaron una respuesta diferente en cada localidad, como posible interacción genotipo-ambiente.

Palabras clave: *ensayo de progenie, heredabilidad, correlaciones genéticas, interacción genotipo-ambiente, Pinus caribaea.*

¹ Profesor Investigador. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 25315 Buenavista, Saltillo, Coah.

² Profesor Investigador. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Méx.

SUMMARY

Two progeny tests of half-sib families of *Pinus caribaea* var. *caribaea* stemming from a clonal orchard of La Sabana, Oax., established on a randomized complete block design experiment, were evaluated from 1989 to 1991. The objective was to estimate the variation and the grade of genetic control on the diameter and the height of two years-old plants. The estimated heritabilities had proximate values to unit, where the level of family averages was higher than those of the individuals. Also, the genetic correlations were near the unit, with the possibility of utilization of the indirect selection to obtain higher gains. Phenotypic correlations had very variable values, from 0.22 to 0.85. Three of the common families in both tests, showed a different response in each location, due perhaps to the genotype-environment interaction.

Index words: *progeny test, heritability, genetic correlations, interaction genotype-environmental, Pinus caribaea*

INTRODUCCION

La conservación y el mejoramiento de los recursos forestales de México requiere en la actualidad de programas extensivos de plantaciones y de mejoramiento genético, pues los bosques naturales son insuficientes para satisfacer la demanda de madera de la población (Zobel, 1994).

Los programas de plantaciones requieren de grandes cantidades de semilla, de preferencia mejorada genéticamente. El establecimiento de huertos semilleros es el medio más empleado para lograr el abasto seguro y oportuno de semilla (Zobel y Talbert, 1984). Los huertos semilleros constituyen la última etapa de cada ciclo de mejoramiento genético y el valor superior del huerto se demuestra mediante las pruebas genéticas, esenciales en todo programa de mejoramiento genético.

Los estudios de descendencia constituyen la columna vertebral de cualquier programa de mejoramiento genético forestal (Clausen, 1989), pues a través de ellos es posible conocer el valor genético de los fenotipos (Wright, 1964). Sin embargo, debido a que el tiempo es uno de los aspectos más importantes en los programas operativos de plantaciones y mejoramiento genético de especies forestales, se ha buscado la manera de ob-

tener ganancias rápidas mediante adecuaciones a los métodos tradicionales de mejoramiento genético (Zobel y Talbert, 1984). Entre estas alternativas se encuentra la selección indirecta que permite obtener mayores ganancias por medio de características que presenten mayor heredabilidad y una buena correlación con la característica de interés (Loo *et al.*, 1984). Una extensión de la selección indirecta es la temprana (Lambeth *et al.*, 1983; Carter *et al.*, 1990) mediante la cual es posible realizar pruebas genéticas en menores espacios, medir más fácilmente algunas variables de crecimiento, acelerar el mejoramiento y tener mayor versatilidad para cambios en las demandas de productos maderables y/o prácticas culturales (Lambeth, 1980).

Para practicar la selección indirecta o temprana es necesario conocer la correlación genética entre distintas características (Namkoong y Conkle, 1976; Loo *et al.*, 1984), o bien, de una misma característica en distintas edades (Riemenschneider, 1988), de modo que sea posible conocer en qué edad se puede lograr la mayor eficiencia en la selección.

En México, las plantaciones comerciales de La Sabana, Oax., constituyen el programa de este tipo más grande realizado hasta la fecha en el país con especies de coníferas. Allí se cuenta con un huerto clonal de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, primero de este género en México. El huerto fue establecido en 1978 con 36 clones procedentes de Cuba y hasta la fecha no se ha evaluado el valor genético de este material.

En el presente artículo se presentan los resultados de las primeras evaluaciones de dos pruebas genéticas establecidas con semilla de 16 y 26 clones, respectivamente, colectadas del huerto semillero en 1988. El objetivo fundamental del trabajo consistió en estimar la magnitud de los componentes de varianza, las heredabilidades en sentido estricto y las correlaciones genéticas y fenotípicas de la variable altura de planta en vivero y campo en dos ensayos de progenie, así como del diámetro en la base del tallo en uno de los ensayos. Los dos ensayos se establecieron en forma independiente. Además, con base en los parámetros genéticos estimados en ambas pruebas se consideran las posibilidades de selección y ganancia genética.

MATERIALES Y METODOS

En 1988 se realizaron dos colectas de semilla del huerto semillero clonal de *P. caribaea* var. *caribaea* de La Sabana, Oax. La primera de ellas se realizó en junio, cuando se presentó la mayor producción, se colectó semi-

lla de 26 clones; y la segunda se llevó a cabo en agosto, de los árboles con producción más tardía, se colectó semilla de 16 clones; 14 de los clones estuvieron representados en ambas colectas. Se decidió mantener por separado las colectas, y establecer dos ensayos de evaluación del material. Se supone que la semilla es resultado de polinización libre entre todos los clones del huerto, por lo tanto la colecta de semilla de cada clon es considerada como una familia de medios hermanos. Durante ese mismo año se colectó semilla de *P. caribaea* var. *hondurensis* de diez árboles fenotípicamente superiores de la plantación comercial, así como de individuos no seleccionados de la misma plantación comercial, germoplasma que representa el material normalmente utilizado para la producción masiva de planta en el vivero de La Sabana. Los dos materiales de *P. caribaea* var. *hondurensis*, seleccionado y no seleccionado, fueron incluidos como testigos en los ensayos.

La producción de planta se inició en 1989. En el primer ensayo (Ensayo de progenie I), la semilla de los 16 clones colectados en agosto, se remojó durante 24 horas en agua y se sembró en almácigo durante la primera semana de enero de 1990, en el vivero de La Sabana, Oax. A los ocho días de la siembra, la plántula germinada se trasplantó en envases de polietileno negro de 10 cm de ancho por 15 cm de alto (aproximadamente 450 cm³ de volumen), con un sustrato de tierra mineral y arena de río en proporción 1:1. La planta permaneció en vivero hasta noviembre de 1990, fecha en la cual se plantó en campo a los 10 meses de edad, en La Sabana, Oax.

En el segundo ensayo (Ensayo de progenie II), la semilla de los 26 clones colectada en junio, se sembró durante la última semana de abril de 1989 en un invernadero en Chapingo, Mex. Se utilizaron envases cónicos de plástico de 130 cm³ de volumen, con un sustrato de tierra mineral micorrizada, arena de río y hojarasca en proporción 45:45:10, respectivamente. En diciembre de 1989, a los 8 meses de edad la planta se trasladó a La Sabana, Oax., en donde se trasplantó a envases de polietileno y sustrato semejante al utilizado en el Ensayo I, donde permaneció hasta julio de 1990, fecha en que se plantó en campo, a los 15 meses de edad.

En la etapa de vivero, así como en la de campo ambos ensayos estuvieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 plantas por parcela. En el ensayo I, establecido en La Sabana, Oax., se probaron 16 familias de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y un testigo de semilla comercial de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* considerado como una familia más, en 13 repeticiones. En el ensayo II, establecido en Tuxtepec, Oax., se probaron 26 familias de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y un testigo de semilla de árboles selectos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en 15 repeticiones.

En las dos pruebas de progenie se evaluó sobrevivencia y altura de planta (ALT) en tres fechas distintas, incluyendo las etapas de vivero y de campo (a los 9, 17 y 30 meses de edad en el Ensayo I y a los 6, 14 y 23 meses de edad en el Ensayo II). En el Ensayo I se midió adicionalmente el diámetro en la base del tallo (DIAM) en las dos últimas fechas (a los 17 y 30 meses de edad).

La evaluación de la sobrevivencia sirvió para descartar las familias y bloques que presentaron mortalidad elevada, por lo que esta variable no se incluyó en los análisis estadísticos.

En virtud de lo anterior, para fines del análisis estadístico, en el Ensayo I se consideraron únicamente 8 de los 13 bloques y 17 familias (incluyendo al testigo como una familia), mientras que en el Ensayo II, entraron 12 de los 15 bloques y 25 de las 27 familias (incluyendo al testigo como una familia). Debido a la mortalidad, únicamente 13 de los clones quedaron representados en los análisis estadísticos de ambas pruebas. Las dos pruebas de progenie se analizaron en forma separada. El análisis estadístico incluyó análisis de varianza y covarianza, así como la estimación de heredabilidad y de correlaciones genéticas y fenotípicas.

El modelo estadístico empleado para ambas pruebas fue el siguiente (Infante y Zárate, 1990):

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F_j + B_i * F_j + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = observación en la k-ésima planta, de la j-ésima familia, en el i-ésimo bloque.

μ = efecto de la media general.

B_i = efecto del i-ésimo bloque.

F_j = efecto de la j-ésima familia.

$B_i * F_j$ = efecto de interacción entre la j-ésima familia y el i-ésimo bloque (equivale al error experimental).

E_{ijk} = efecto de la k-ésima planta en la j-ésima familia del i-ésimo bloque (equivale al error de muestreo dentro de parcelas).

La estimación de los componentes de varianza y covarianza se realizó con base en los cuadrados medios y productos cruzados medios esperados para cada fuente de variación que se presenta en el Cuadro 1. El diseño experimental quedó desbalanceado, debido a la muerte de algunas plantas durante el desarrollo del estudio. Por lo tanto, para la estimación de los componentes de varianza, el análisis estadístico de cada ensayo de

progenie se dividió en dos etapas de manera semejante al procedimiento empleado por Vargas-Hernández y Adams (1992) y separados por una línea punteada en el Cuadro 1. En la primer etapa se utilizaron las medias por parcela para determinar los componentes de varianza de familias; los valores para parcelas donde todas las plantas murieron se calcularon con el procedimiento y las fórmulas descritas por Cochran y Cox (1965). En la segunda etapa se utilizaron los valores individuales de planta, considerando cada parcela como un tratamiento diferente para determinar la varianza dentro de parcelas (error de muestreo). Mediante la combinación de las dos etapas del análisis fue posible separar el componente de varianza entre parcelas. En ambos casos se empleó el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS.

Cuadro 1. Cuadrados medios esperados en el análisis de varianza de las pruebas de progenie de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

F.V.	G.L.	C.M.	Cuadrado	Medios	Esperados*
Bloque	b-1	C M b	σ^2_e/k	+	$\sigma^2_b * f$ + $f \sigma^2_b$
Familia	f-1	C M f	σ^2_e/k	+	$\sigma^2_b * f$ + $b \sigma^2_f$
B * F	(b-1)(f-1)	C M b * f	σ^2_e/k	+	$\sigma^2_b * f$
Error (dentro de parcelas)	$\sum(n_i-1)$	C M e	σ^2_e		

*Para el análisis de covarianza se utilizaron los productos cruzados medios en lugar de los cuadrados medios:

C Mb = Cuadrado medio de bloque;

C M f = Cuadrado medio de familia;

C Mb * f = Cuadrado medio de bloque por familia;

C M e = Cuadrado medio dentro de parcelas;

σ^2_b = Varianza de bloques;

σ^2_f = Varianza de familias;

$\sigma^2_b * f$ = Varianza de parcelas;

σ^2_e = varianza dentro de parcelas;

f = No. de familias;

b = No. de bloques;

n_i = No. de individuos en la parcela i;

t = No. total de parcelas;

k = media armónica del número de plantas/parcela.

La estimación de la heredabilidad en sentido estricto (h^2), tanto a nivel individual (h^2_i) como de las medias de familia (h^2_f), se realizó a partir de los componentes de varianza, empleando las fórmulas señaladas por Falconer (1986) y Becker (1984).

$$h^2_i = \sigma^2 A / \sigma^2 P$$

$$h^2_f = \sigma^2 f / \sigma^2 Pf$$

donde:

$\sigma^2 A$ = Varianza aditiva

$\sigma^2 P$ = Varianza fenotípica

$\sigma^2 f$ = Varianza de familias

$\sigma^2 Pf$ = Varianza fenotípica de medias de familia

Para familias de medios hermanos la varianza aditiva, la varianza fenotípica y la varianza fenotípica de las medias de familia se obtiene como se indica enseguida (Becker, 1984).

$$\sigma^2 A = 4 \sigma^2 f$$

$$\sigma^2 P = \sigma^2 f + \sigma^2 b^*f + \sigma^2 e$$

$$\sigma^2 Pf = CMf / b$$

donde:

$\sigma^2 b^*f$ = Varianza de parcelas (corresponde a la interacción bloque por familia)

$\sigma^2 e$ = Varianza dentro de parcelas (error de muestreo)

CMf = Cuadrado medio de familia

b = Número de bloques

Para la estimación de las correlaciones genéticas (r_G) y fenotípicas (r_P) entre las variables de estudio, se utilizaron productos cruzados esperados de los análisis de covarianza, empleando las fórmulas señaladas por Falconer (1986) y Becker (1984).

$$r_{Gxy} = \text{Cov } A_{xy} / ((\sigma^2 A_x)(\sigma^2 A_y))^{1/2}$$

$$r_{Pxy} = \text{Cov } P_{xy} / ((\sigma^2 P_x)(\sigma^2 P_y))^{1/2}$$

donde:

Cov A xy = Covarianza aditiva entre las características "x" e "y"
 σ^2_{Ax} = Varianza aditiva "x"
 σ^2_{Ay} = Varianza aditiva "y"
 Cov P xy = Covarianza fenotípica entre las características "x" e "y"
 σ^2_{Px} = Varianza fenotípica "x"
 σ^2_{Py} = Varianza fenotípica "y".

RESULTADOS Y DISCUSION

En las dos pruebas de progenie el análisis de varianza mostró una variación estadística altamente significativa ($P < 0.01$) a nivel de familias para la altura de planta y diámetro en la base del tallo en sus diferentes fechas de medición. El *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizado como testigo superó en altura a las familias de *Pinus caribaea* var. *caribaea* probadas en ambos ensayos. Lo anterior confirma lo señalado por Lamb (1973), en el sentido de que la variedad *hondurensis* supera en la velocidad de crecimiento inicial a las otras dos variedades de *Pinus caribaea* (*bahamensis* y *caribaea*). Sin embargo, la variedad *caribaea* posee una mayor resistencia a sequía (Venator, 1976), así como mejor forma del fuste y características de ramificación. En algunos casos, inclusive en edades cercanas al ciclo de corta, la variedad *caribaea* llega a superar en crecimiento a las otras dos variedades en algunas regiones de Australia donde se han probado las tres variedades de la especie (Lamb, 1973).

La heredabilidad de las medias de familia (h^2_f) fue ligeramente mayor que la heredabilidad individual (h^2_i) en las dos variables analizadas (Cuadro 2). Por otro lado, en el caso de la variable altura, los valores de heredabilidad disminuyeron de la primera a la última medición, en modo más drástico en el Ensayo I, mientras que en el caso del diámetro, permanecieron relativamente estables, lo que hace que en la última medición los valores estimados de heredabilidad para el diámetro ($h^2_i = 0.54$ y $h^2_f = 0.68$) fueran casi el doble de los valores estimados para la altura ($h^2_i = 0.23$ y $h^2_f = 0.49$) (Cuadro 2). Los resultados de otros estudios son diversos. Por ejemplo, González y Pérez (1980) estimaron en una prueba de progenies de siete años de edad de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, valores de heredabilidad, a nivel individual, de la variable altura (0.79) superiores a los de la variable diámetro (0.27). Por otro lado, en el estudio realizado por Dean *et al.* (1986) en *P. caribaea* var. *hondurensis* se estimaron valores de heredabilidad individual mayores para la variable diámetro (desde 0.26 hasta 0.57) que para la variable altura (desde 0.10 hasta 0.41) en pruebas de cuatro años y medio de edad. De la misma manera, Woolaston *et al.* (1990) reportan valores promedios de heredabilidad individual de 0.20 para altura y 0.30 para diámetro en pruebas de *P. caribaea* var. *hondurensis* a los cinco años después de plantadas.

Cuadro 2. Heredabilidades individuales (h^2_i) y de las medias de familia (h^2_f) en las dos pruebas genéticas de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

ENSAYO	VARIABLE	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3
I	ALT (h^2_i)	1.196	0.541	0.232
	ALT (h^2_f)	0.875	0.761	0.490
	DIAM (h^2_i)		0.549	0.543
	DIAM (h^2_f)		0.713	0.683
II	ALT (h^2_i)	1.354	0.605	0.573
	ALT (h^2_f)	0.929	0.820	0.810

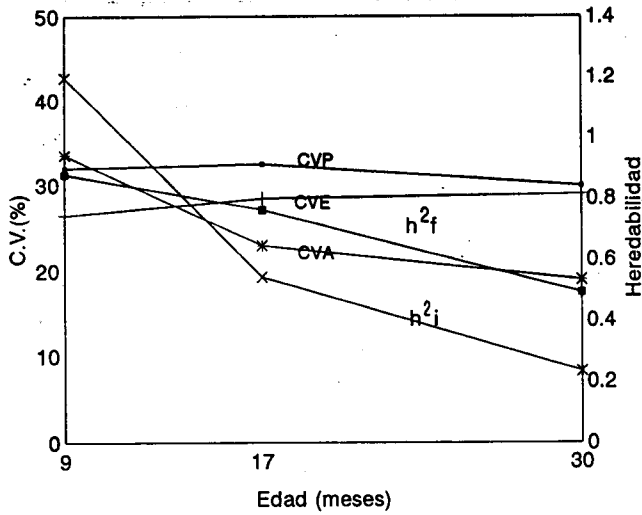
Cotterill y Zed (1980) al estimar la heredabilidad en varias características del crecimiento de *Pinus radiata*, encontraron una baja heredabilidad en el diámetro (de 0.07 hasta 0.39) e intermedia en la altura (de 0.18 hasta 0.45), pero cuando los datos se ajustaron por la covarianza de la altura inicial de plantación, la heredabilidad del diámetro se incrementó a niveles intermedios en dos casos (de 0.07 cambio a 0.26 y de 0.17 a 0.23) mientras que en uno disminuyó (de 0.39 a 0.10). Lo anterior significa que en ciertos casos las condiciones iniciales de altura y diámetro del tallo de los individuos al momento de la plantación pueden afectar en cierto grado la estimación de los parámetros genéticos, especialmente durante los primeros años de crecimiento. Los valores de heredabilidad son válidos únicamente para la población y las condiciones particulares del sitio en que se estiman (Falconer, 1986; Zobel y Talbert, 1984). Sin embargo, la comparación de los valores obtenidos en otros estudios puede dar idea de la magnitud de la variación genética aditiva existente en esa característica, particularmente cuando varios trabajos reportan valores similares para la misma característica. En el **Ensayo I**, los cambios observados con la edad en la heredabilidad de la variable altura, se dieron como consecuencia de una disminución en la varianza aditiva (CVA), mientras que la varianza ambiental (CVE) se mantuvo relativamente constante (Figura 1a). En el **Ensayo II**, sin embargo, la disminución de la heredabilidad de variable altura de planta para la segunda fecha de medición se debe a un incremento de la varianza ambiental (CVE) y, por ende, de la varianza fenotípica (CVP), junto con una disminución de la varianza aditiva (CVA); mientras que para la tercer fecha la heredabilidad se mantiene casi constante aún con incremento en la varianza ambiental (CVE) y fenotípica (CVP) debido al incremento de la varianza

aditiva (CVA)(Figura 1b). Al respecto, Cotterill y Dean (1988) al analizar el incremento en altura en *Pinus radiata*, encontraron una mayor varianza aditiva entre los 2.5 y 6.5 años, declinando los valores con el cierre de copas, de decir, cuando las copas de los árboles se juntan y comienzan a competir.

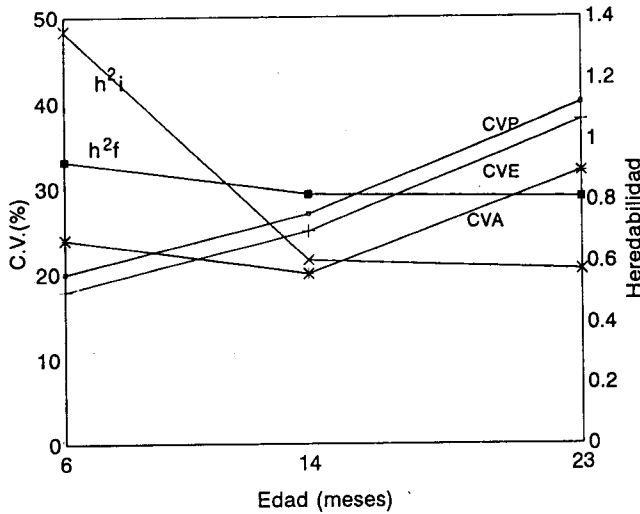
Como el valor de heredabilidad representa la proporción de la varianza fenotípica que tiene origen genético, en teoría este valor no puede ser mayor de uno (Wright, 1964). El hecho de que el valor de heredabilidad sea superior a la unidad para la variable altura en las dos pruebas, puede ser resultado de errores de estimación, o bien a una sobreestimación de la varianza aditiva posiblemente debida a efectos maternos asociados con el tamaño de la semilla, o al hecho de que la muestra de semilla de cada árbol representa en realidad una mezcla de medios hermanos y hermanos completos, sobre todo en este caso en que la semilla proviene de un huerto semillero de 36 clones, en donde es muy probable la autofecundación y la falta de aleatoriedad en los patrones de polinización entre los clones.

En el caso de la variable diámetro no se observaron cambios significativos en los valores de heredabilidad entre las fechas en que se evaluó; los valores obtenidos son muy estables. Es probable que el período de tiempo relativamente cercano entre las mediciones no sea suficiente para registrar cambios significativos en la varianza aditiva (Figura 2) y por ende en la heredabilidad. Las correlaciones genéticas entre las alturas de las plantas medidas en diferentes fechas son muy cercanas a la unidad en los dos ensayos, con valores superiores a las respectivas correlaciones fenotípicas (Cuadro 3). En algunos casos, inclusive, los valores superan a la unidad, lo que se debe seguramente a errores de estimación, pues teóricamente los valores de correlación deben oscilar entre -1 y +1 (Falconer, 1986). El hecho de que todos los valores sean elevados, obedece a que se trata de una variable que se correlaciona con ella misma en diferentes fechas de medición con una diferencia máxima de 19 meses entre ellas. A pesar de lo anterior, estas correlaciones son importantes pues las mediciones de altura pueden reflejar efectos de diferentes condiciones ambientales (vivero y campo) y diferentes estados fenológicos de las plantas, ya que la primer medición correspondió al final de la temporada de crecimiento de la yema apical, la segunda al inicio del crecimiento y la tercera a un estado de reposo.

En *Pinus banksiana*, Riemenschneider (1988) señala que la selección temprana a la edad de un año, puede ser una estrategia eficiente para el mejoramiento genético, dado las altas correlaciones genéticas encontradas en la altura de planta, al evaluar 101 familias de medios hermanos a las edades de 1, 2, 3, 5 y 7 años. En esa misma especie, Carter *et al.* (1990)



a) Ensayo I.



b) Ensayo II.

Figura 1. Coeficiente de variación aditiva (CVA), ambiental (CVE) y fenotípica (CVP) y heredabilidad (h^2) de la variable altura de planta en *Pinus caribaea* var. *caribaea*, en diferentes edades: a) ensayo I y b) ensayo II.

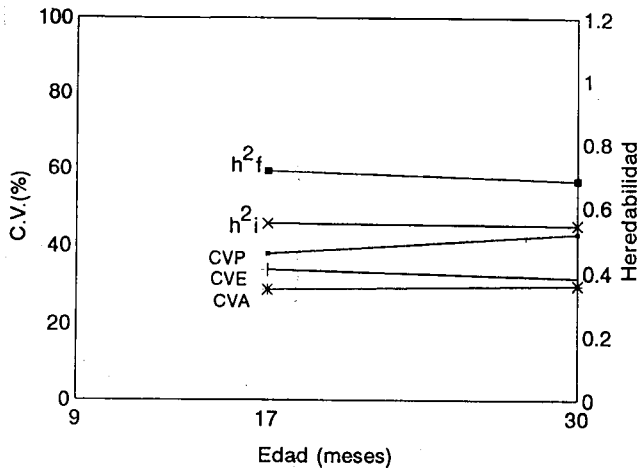


Figura 2. Coeficiente de variación aditiva (CVA), ambiental (CVE) y fenotípica (CVP) y heredabilidad (h^2) de la variable diámetro en la base del tallo en *Pinus caribaea* var. *caribaea*, del ensayo de progenie I.

Cuadro 3. Correlaciones genéticas (r_G) (arriba de la diagonal), y fenotípicas (r_p) (abajo de la diagonal), en las dos pruebas genéticas de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

ENSAYO	VARIABLE	ALT 1	ALT 2	ALT 3	DIAM 2	DIAM 3
I	ALT 1		0.93	1.04		
	ALT 2	0.54		1.00	0.95	0.79
	ALT 3	0.41	0.65		1.06	1.00
	DIAM 2	0.66	0.75			1.02
	DIAM 3	0.54	0.85	0.80		
II	ALT 1		0.89	0.89		
	ALT 2	0.36		1.04		
	ALT 3	0.22	0.31			

encontraron una correlación positiva y elevada entre la altura a los dos y a los siete años de edad, de modo que las mediciones hechas en condiciones de invernadero clasificaron correctamente a la mayoría de las familias dentro de grupos superiores e inferiores, basados en pruebas de campo. Sin embargo, no en todos los estudios se ha encontrado este tipo de resultados; por ejemplo, Namkoong y Conkle (1976) al estudiar el crecimiento en altura en *Pinus ponderosa* entre los 3 y los 29 años de edad, encontraron períodos donde se presentó una alta correlación positiva, pero en algunas etapas no se presentaron buenas correlaciones entre las edades tempranas y tardías e incluso, llegaron a ser negativas.

En el caso del **Ensayo I**, las correlaciones genéticas entre altura (ALT) y diámetro (DIAM) fueron muy altas, cercanas a la unidad y superiores a las correlaciones fenotípicas. Los mayores valores se presentaron cuando las fechas fueron más cercanas entre sí.

El hecho de encontrar una alta correlación entre la altura y el diámetro de las plantas se debe posiblemente a que los genes que afectan a una variable también lo hacen con la otra (Falconer, 1986). En otros estudios, como el de Coterrill y Zed (1980) con *Pinus radiata* también se encontró una alta correlación genética positiva entre la altura y el diámetro (de 0.56 a 0.94). Woolaston *et al.* (1990) también encontraron correlaciones genéticas elevadas (0.82) entre la altura y el diámetro a cinco años de edad en *P. caribaea* var. *hondurensis*, que pueden considerarse muy parecidas a las encontradas en el presente estudio.

De mantenerse las altas correlaciones genéticas entre la altura en edades posteriores, se podría practicar la selección temprana, con la posibilidad de obtener ganancias considerables debido a la alta heredabilidad de las edades tempranas. Lambeth (1980) señala que en coníferas se puede tener cierta seguridad en la selección temprana dado las altas correlaciones encontradas en varios estudios; aunque el autor aconseja que se debe tener cuidado en edades muy jóvenes (1 a 3 años). En otros estudios se ha encontrado una buena respuesta a estas edades; por ejemplo, en *Pinus banksiana*, Carter *et al.* (1990) señalan la edad de dos años como una oportunidad de selección temprana; incluso, para la misma especie, Riemenschneider (1988) menciona la posibilidad de hacerla a un año, dada la alta heredabilidad existente en esta edad.

Con las 13 familias comunes en ambas pruebas se realizaron correlaciones simples utilizando sus valores de posición jerárquica en cada fecha de medición, donde la posición 1 correspondió a la familia con mayor altura y la posición 13 a la de menor altura.

El valor de correlación simple obtenido a los siete meses después de la plantación en el **Ensayo I** (medición 2) y ocho meses después de la plantación en el **Ensayo II** (medición 3) fue de 0.46; las familias 44, 72, y 104 fueron las que gráficamente se encontraron más dispersas (Figura 3). El valor de la correlación ($r=0.46$) puede considerarse regular como consecuencia de los pocos datos utilizados y la dispersión de las tres familias mencionadas, pues al eliminar éstas, el valor de la correlación aumenta de 0.46 a 0.67.

El hecho de que la correlación aumente considerablemente (de 0.46 a 0.67) al eliminar las tres familias más dispersas, se interpreta como una manifestación de interacción genotipo-ambiente; esto es, estas familias tienen un comportamiento diferente en cada ensayo, como se puede apreciar gráficamente (Figura 3). Sin embargo, dado que estas familias no fueron evaluadas con las mismas familias en los dos ensayos de progenie considerados, no se puede asegurar esto y tendría que confirmarse con otras pruebas.

La interacción genotipo-ambiente se ha estudiado poco en árboles forestales. En *Pinus caribaea* se ha reconocido su importancia y sus posibles repercusiones (Barnes *et al.*, 1984). De continuar estos comportamientos y comprobarlos en otras pruebas de progenie, sería necesario eliminar semilla de los clones 44, 72 y 104 si la colecta del huerto se hiciera a granel, o bien, si la colecta se hiciera por clones, utilizar semilla de cada clon para el ambiente donde tuvieron los mejores resultados.

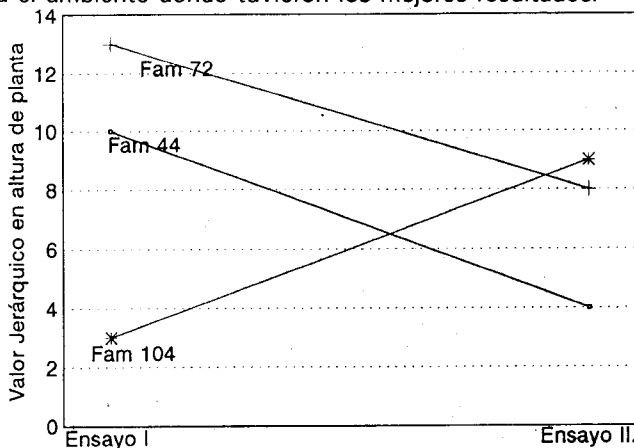


Figura 3. Comportamiento de tres familias de *Pinus caribaea* var. *caribaea* con posible interacción genotipo-ambiente después de 7 meses de plantación en el **ensayo I** y de 8 meses en el **ensayo II**.

CONCLUSIONES

El *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizado como testigo en ambos ensayos superó en crecimiento a todas las familias probadas, procedentes del huerto clonal de *P. caribaea* var. *caribaea*, al menos durante los primeros 30 meses que incluyó la evaluación.

La variación debida a los efectos de familia tuvo una mayor manifestación en las condiciones más uniformes de vivero, los valores de heredabilidad para las medias de familia (h^2_f) generalmente fueron superiores a los valores de heredabilidad individual (h^2_i) en las dos variables de crecimiento estudiadas, altura de planta y diámetro en la base del tallo.

La altura de la planta y el diámetro en la base del tallo se correlacionaron en forma positiva y moderadamente alta, por lo que sería posible seleccionar una característica y obtener ganancias genéticas, al mismo tiempo en la otra.

Tres de las familias comunes en ambas pruebas presentaron una respuesta diferente en la altura promedio en cada ensayo, lo cual es una manifestación de la interacción genotipo-ambiente existente en este material.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Centro de Genética Forestal, A.C. y del Campamento Forestal La Sabana, Oax., por el apoyo y las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Asimismo, a los revisores asignados de Agraria por sus sugerencias y comentarios al manuscrito.

LITERATURA CITADA

- BARNES, R.D., J. BURLEY, y G.L. GIBSON. 1984. Genotype-environmental interactions in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. *Silvae Genet.* 33(6):86-198.
- BECKER, W.A. 1984. Manual of quantitative genetics. 4a. edic. Academic Enterprises. Pullman, Washington. U.S.A. 186 p.
- CARTER, K.K., G.W. ADAMS, M.S. GREENWOOD y P. NITSCHKE. 1990. Early family selection in jack pine. *Can. J. For. Res.* 20:285-291.

- CLAUSEN, K.E. 1989. Métodos de mejoramiento genético forestal. In: Curso: Mejoramiento genético forestal. Centro de Genética Forestal, A.C. México. pp:26-31.
- COCHRAN, W.G. y G.M. COX. 1965. Diseños experimentales. Editoria Trillas. México. 661 p.
- COTTERILL, P.P. y C.A. DEAN. 1988. Changes in the genetic control of growth of *Radiata* pine to 16 years and efficiencies of early selection. *Silvae Genet.* 37(3-4):138-146.
- COTTERILL, P.P. y P.G. ZED. 1980. Estimates of genetic parameters for growth and form traits in four *Pinus radiata* D. Don progeny tests in South Australia. *Aus. For. Res.* 10:155-167.
- DEAN, A., P.P. COTTERILL y R.L. EISEMANN. 1986. Genetic parameters and gains expected from selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. *Silvae Genet.* 35(5-6):229-236.
- FALCONER, D.S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. México. 383 p.
- GONZALEZ R., A. y M. PEREZ S. 1980. Comportamiento de progenies de polinización libre y controlada de un huerto semillero de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *Baracoa* 10(1-2):7-29.
- INFANTE G., S. y G.P. ZARATE DE L. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. 2a. edición. Editorial Trillas. México. 643 p.
- LAMB, A.F.A. 1973. *Pinus caribaea*. Fast growing timber trees of the lowland tropics No. 6, Vol. 1. University of Oxford. England. 254 p.
- LAMBETH, C.C. 1980. Juvenile-mature correlations in pinaceae and implications for early selection. *For. Sci.* 26(4):571-580.
- LAMBETH, C.C., J.P. VAN BUIJTENEN, S.D. DUKE y R.B. McCULLOUGH,. 1983. Early selection is effective in 20-year-old genetic test of loblolly pine. *Silvae Genet.* 32(5-6):210-215.
- LOO, J.A., C.G. TAUER y J.P. VAN BUIJTENEN. 1984. Juvenile-mature relationships and heritability estimates of several traits in loblolly pine (*Pinus taeda*). *Can. J. For. Res.* 14:822-825.

**VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Pinus durangensis* MTZ. (Pinaceae)
EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA "LA MICHILÍA",
DURANGO, MÉXICO**

**Morphological variation of *Pinus durangensis* Mtz.
(Pinaceae) in the MAB "La Michilía", Durango, Mexico**

Abel García Arévalo y Laura Rentería Arrieta

RESUMEN

Se analizan las características morfológicas de *Pinus durangensis* Mtz. comparando el material proveniente de diferentes poblaciones en la reserva de la biosfera "La Michilía", con el holotipo y el protólogo de la especie. Se detectó una amplia variación en el número y tamaño de diversas estructuras, aparentemente determinadas por factores edáficos y el grado de aridez; se registra un ecotipo de condiciones de escasa humedad ambiental.

Palabras clave: *Ecotipo, Pinus durangensis, La Michilía, Durango*

SUMMARY

Several morphological characteristics of *Pinus durangensis* Mtz. were analyzed. A comparison among provenances and the holotype and its protologue was made from different populations of this species in "La Michilia" biosphere reserve. A high variation in number and size of several structures was detected. Possible relations of those traits with soils and degree of aridity are noted, and an ecotype from semiarid conditions is distinguished.

Key words: *Ecotype, Pinus durangensis, La Michilía, Durango*

INTRODUCCIÓN

Durante la revisión taxonómica de las coníferas de la reserva de la biósfera "La Michilía", se detectaron ejemplares de *Pinus* cuyas características no coinciden con las de ninguna de las especies conocidas de ese género. El material fue inicialmente considerado como una variedad de *Pinus durangensis* Mtz.; sin embargo, un análisis comparativo entre diferentes poblaciones reveló que existen individuos con características intermedias entre la especie típica y el material al que se hace referencia en este trabajo.

Martínez (1948) describe a *Pinus durangensis* (Holotipo: Martínez 3477 MEXU) para la zona de El Salto, Durango, región que se caracteriza por presentar una de las precipitaciones más altas para el estado, y menciona que dicha especie se desarrolla en suelos sílico-humíferos y permeables, con profundidades que varían entre 15.25 y 50 cm, adaptándose fácilmente a terrenos pobres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se localizaron las poblaciones del ecotipo de *Pinus durangensis* obteniéndose de cada sitio muestras botánicas con los datos relativos al tipo de vegetación, suelo, exposición y altitud. Los ejemplares colectados se sometieron a un análisis morfológico y al cotejo de sus características con las de especímenes de herbario de otras localidades y ambientes. Se revisó el material de *Pinus durangensis* en los herbarios CIIDIR*, así como el holotipo de la especie (MEXU)**. Los ejemplares, resultado de las colectas en la zona de estudio se depositaron en el herbario del Instituto de Ecología-Durango.

La reserva de la biósfera "La Michilía" está ubicada en el Municipio de Súchil, en el extremo sureste del estado de Durango, entre los 23° 15' y 23° 35' latitud norte y los 104° a 104° 20' longitud oeste y es atravesada por el Trópico de Cáncer, la superficie aproximada es de 70,00 ha (González *et al.*, 1993).

*CIIDIR (Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, I.P.N)

**MEXU (Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México)

Las poblaciones de *Pinus durangensis* revisadas para la reserva se distribuyen principalmente en laderas secas de exposición noroeste y oeste, en altitudes de 2450 y 2580 m; en bosques de pino-encino y como elementos dominantes: *Pinus teocote* Schlecht & Cham., *Quercus rugosa* Née, *Juniperus durangensis* Mtz., *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Nolina durangensis* Trel, y *Arctostaphylos pungens* HBK.; los suelos se caracterizan por ser blancos, someros o casi nulos, en su mayoría con fuertes afloramientos de roca madre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre especímenes de *Pinus durangensis* procedentes de sitios con diferentes condiciones de humedad ambiental y edáfica, muestra que las dimensiones y número de estructuras varían de manera gradual; en términos generales, manifiestan una reducción de los ambientes húmedos a los secos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variación de algunas características morfológicas de *Pinus durangensis* Mtz. entre diferentes condiciones ambientales en Durango, México.

Table 1. Variation of some morphological characteristics of *Pinus durangensis* Mtz. among different environmental conditions in Durango, Mexico

Cárcater	Holotipo y descripción original	Bosque en ambientes húmedos	Bosques en ambientes semisecos
copa	redondeada densa	redondeada densa	irregular rala
acículas:			
long. (cm)	10-22.5	hasta 32	8.6-20.4
ancho (mm)	1	1	1
consistencia	flexible	flexible	semirrígida
número	5-8	5-8	4-7
longitud del cono (cm)	7-10	7-10	3.9-6.7

La copa de los árboles de *Pinus durangensis* descrita por Martínez (1948), se define como densa y redondeada. En ejemplares de "La Michilfa" prevalecen árboles con relativamente pocas ramas, localizadas generalmente a partir de la porción media superior de su fuste (ramificación excurrente), formando una copa irregular no definida, lo que le da un aspecto ralo y pobre al árbol. Es importante recalcar que los conceptos de "ralo y pobre" son relativos y se derivan del cotejo con el taxón al que se refiere Martínez (1948), ya que observando los ejemplares revisados en el presente estudio y comparándolos con otras especies de *Pinus* adaptados a mayor aridez, como *Pinus engelmannii* Carr. y *P. lumholtzii* Rob. y Fern., la copa de *P. durangensis* de bosques semisecos podría definirse como más o menos densa.

En bosques que crecen en condiciones semisecas se registraron acículas de *P. durangensis* de longitud ligeramente menor, pero algo más anchas que las registradas en la descripción original de la especie (Cuadro 1). Por otra parte, en bosques húmedos, el ejemplar de *A. García* 1223 (herbario Instituto de Ecología-Durango), las acículas pueden alcanzar hasta 32 cm de longitud. Otra diferencia observada entre árboles de sitios semisecos y de los sitios húmedos, es la consistencia de las acículas, semirrígidas en el primer caso y flexibles en el segundo.

Eguiluz (1985), menciona que las poblaciones de pino tropicales y subtropicales presentan tendencia a alargar más sus acículas, es el caso de las poblaciones de *Pinus durangensis* en la zona de El Salto, que en algunas localidades de la región de las quebradas llegan a asociarse a elementos subtropicales. Al contrario, especies que habitan picos nevados muestran hojas más cortas, como es el caso de *Pinus hartwegii* Lindl. y *P. culminicola* Andresen & Beaman, los cuales bajo estas circunstancias presentan una sequía fisiológica con adaptaciones a la xerofitía (García y González, 1991), más o menos similar al estrés hídrico observado en las poblaciones de *P. durangensis* en "La Michilfa", debido a la relativa baja precipitación anual prevaleciente en el área.

El número de hojas por fascículo difiere notoriamente entre los árboles de sitios semisecos y de los bosques húmedos. Para bosques semisecos se registraron fascículos de 5, 6, 7 y por primera ocasión de 4 acículas, en las siguientes proporciones: 4-3.5%, 5-61.5%, 6-34.5% y 7-0.5% respectivamente.

No fueron detectados fascículos de 8 hojas. En contraste las observaciones de Blanco (citado por Martínez, op. cit) indican que las proporciones del número de hojas por fascículo, son las siguientes:

5-18.5%, 6-66.5%, 7- 13.5% y 8- 1.5%.

La característica que ofrece mayor variabilidad en *Pinus durangensis* es el tamaño del cono. Las longitudes presentadas van de 3.9 a 6.7 cm, siendo 4.5 cm la más frecuente.

En la forma típica los conos oscilan entre 7 y 10 cm. El amplio grado de variación detectado para los conos sugiere que no solamente los factores extrínsecos están participando sino que las variantes genéticas probablemente están jugando un papel determinante.

Las características dadas en la descripción de *P. durangensis*, coinciden con las de los especímenes de los bosques templado-húmedos, principalmente de cañadas. Los árboles con 4 a 7 acículas semirrígidas, relativamente cortas y anchas, con conos muy cortos, son considerados como extremo de variación de la especie, e interpretados como un ecotipo de condiciones de escasa humedad ambiental. En zonas de transición con bosques de pino de mayor humedad y suelos de 0.40 a 1.50 m de profundidad es frecuente encontrar individuos de *P. durangensis* con características intermedias entre la forma típica y el ecotipo que se describe.

Los individuos de *Pinus durangensis* condicionados a hábitats de mayor humedad, principalmente en las cañadas, se distinguen por presentar las características descritas para la especie por Martínez.

CONCLUSIONES

Las condiciones de mayor aridez y pobreza del suelo en algunos sitios de la reserva de la biósfera "La Michilfa", parecen ser los factores que están determinando la variación morfológica registrada aquí para *Pinus durangensis*. Esta variación parece representar una adaptación a condiciones menos favorables, lo cual se refleja en la disminución en el número y tamaño de varias estructuras de la especie. La similitud fisonómica de otras regiones de la Sierra Madre Occidental con "La Michilfa", podría sugerir la presencia de otras poblaciones con las mismas características a las analizadas en este trabajo.

Material examinado. Durango, Mpio. El Mezquital: 19 km de Charcos-La Guajolota. Alt. 2400 m. 19.X.89. A. *García* y S. *Acevedo* 248. Mpio. Pueblo Nuevo: Carretera Durango-Mazatlán km 126. 17.I.90. A. *García*, S. *González* y A. *Lux* 278. Mpio. San Dimas: 8 km al oeste de Huachichiles por el camino a San Francisco. 07.III.90. A. *García* y M. *González* 268. Mpio. Durango: 12 km de San Miguel de Cruces rumbo a la

5-18.5%, 6-66.5%, 7- 13.5% y 8- 1.5%.

La característica que ofrece mayor variabilidad en *Pinus durangensis* es el tamaño del cono. Las longitudes presentadas van de 3.9 a 6.7 cm, siendo 4.5 cm la más frecuente.

En la forma típica los conos oscilan entre 7 y 10 cm. El amplio grado de variación detectado para los conos sugiere que no solamente los factores extrínsecos están participando sino que las variantes genéticas probablemente están jugando un papel determinante.

Las características dadas en la descripción de *P. durangensis*, coinciden con las de los especímenes de los bosques templado-húmedos, principalmente de cañadas. Los árboles con 4 a 7 acículas semirrígidas, relativamente cortas y anchas, con conos muy cortos, son considerados como extremo de variación de la especie, e interpretados como un ecotipo de condiciones de escasa humedad ambiental. En zonas de transición con bosques de pino de mayor humedad y suelos de 0.40 a 1.50 m de profundidad es frecuente encontrar individuos de *P. durangensis* con características intermedias entre la forma típica y el ecotipo que se describe.

Los individuos de *Pinus durangensis* condicionados a hábitats de mayor humedad, principalmente en las cañadas, se distinguen por presentar las características descritas para la especie por Martínez.

CONCLUSIONES

Las condiciones de mayor aridez y pobreza del suelo en algunos sitios de la reserva de la biósfera "La Michilía", parecen ser los factores que están determinando la variación morfológica registrada aquí para *Pinus durangensis*. Esta variación parece representar una adaptación a condiciones menos favorables, lo cual se refleja en la disminución en el número y tamaño de varias estructuras de la especie. La similitud fisonómica de otras regiones de la Sierra Madre Occidental con "La Michilía", podría sugerir la presencia de otras poblaciones con las mismas características a las analizadas en este trabajo.

Material examinado. Durango, Mpio. El Mezquital: 19 km de Charcos-La Guajolota. Alt. 2400 m. 19.X.89. A. *García* y S. *Acevedo* 248. Mpio. Pueblo Nuevo: Carretera Durango-Mazatlán km 126. 17.I.90. A. *García*, S. *González* y A. *Lux* 278. Mpio. San Dimas: 8 km al oeste de Huachichiles por el camino a San Francisco. 07.III.90. A. *García* y M. *González* 268. Mpio. Durango: 12 km de San Miguel de Cruces rumbo a la

carretera Durango-Mazatlán. Alt. 2500 m. 30.V.90 A. *García, M. González y S. Acevedo 450*. Mpio. Durango: 26 km San Miguel de Cruces rumbo a la carretera Durango-Mazatlán. 30. V. 90. A. *García, M. González y S. Acevedo 451*. Mpio. Durango: Cordón del Bajío Largo, Predio Las Bayas UJED. Alt. 2850 m. 15.VII.90 A. *García, S. González y S. Acevedo 528*. Mpio. Tepehuanes: Altos de Yesqueros. Alt. 2470 m. 19.X.90. A. *García, M. González y S. Acevedo 716*. Mpio. Pueblo Nuevo: carretera Durango Mazatlán km 128.5. Alt. 2715 m. 04.IV.91. A. *García, B. Styles, S. Favela y J.L. Campos 931*. Mpio. Súchil: El Pajonal, reserva de la biósfera "La Michilía". Alt. 2580 m. 24.II.92. A. *García 1235*. Mpio. San Dimas: UCODEFO no. 4 Miravalles. Alt. 2500 m. 22.V.92. S. Y M. *González 5117*. Mpio. Pueblo Nuevo: Arroyo Santa Bárbara al oeste de El Salto. Alt. 2600 m. 27.VI.92. S. *González 5275*. Mpio. San Dimas: Paraje Cebollas al oeste de Cerro Huehuento. VII.92. M. *Márquez s/n*. Mpio. Santiago Papasquiari: Yerbabuena al sur de Diego de Tenzaes. Alt. 2670 m. 26.I.93. S. *González 5410*. Mpio. Santiago Papasquiari: Ejido San Diego Tenzaes. Alt. 2880 m. 27.IV.93. S. y M. *González 5445*. Mpio. Santiago Papasquiari: Ejido San Diego Tenzaes. Alt. 2560 m. 29.IV.93. S. y M. *González 2480*. Mpio. Súchil: El Pajonal. Alt. 2470 m. 29. III.93. L. *Rentería y A. García 07*. Puerto Colorado. Alt 2520 m. 22.II.94. L. *Rentería y A. García 34*. Arroyo El Pajonal.reserva de la biósfera "La Michilía" Alt. 2450 m. 27.III.94. L. *Rentería y A. García 59*. Ciénaga de los Caballos. Alt. 2230 m. 28.III.94. L. *Rentería y A. García 62* norte de la Ciénaga de Los Caballos al pie del Cerro Blanco. Alt. 2580 m. 09.III.94. L. *Rentería y A. García 66*. Arroyo El Pajonal. Alt. 2450 m. 12.IV.94. L. *Rentería y A. García 75, 76 y 77*. Bajada al Taray. Alt. 2750 m. 12.IV.94. L. *Rentería y A. García 78*. 200 m. Al norte del Bajío Palo Herrado. Alt. 2750 m. 12. IV.94. L. *Rentería y A. García 79*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Socorro González Elizondo y al Dr. Jorge S. Marroquín de la Fuente la revisión y sugerencias hechas al manuscrito, al personal del herbario MEXU, las facilidades prestadas para la revisión del holotipo de *Pinus durangensis* Mtz. ; Al señor José Medina por su colaboración en el trabajo de campo y al Instituto de Ecología A.C., cuenta 902-05, por el financiamiento del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Eguiluz, T. 1985. Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos). Dasonomía Mexicana 3 (6):5-31

García A., y S. González E. 1991. Flora y vegetación de la cima del Cerro Potosí, Nuevo León, México. Acta Bot. Mex. 13: 53-74

González S., M. González y A. Cortés O. 1993. Vegetación de la reserva de la biósfera "La Michilía", México. Acta Bot. Méx. 22: 1-104

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Botas. México. 361 pp.



CONTENIDO

POLINIZACIÓN DEL MANZANO UTILIZANDO ABEJAS EN SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA, MÉXICO. Inocente Mata Beltrán, Gerardo León Díaz, Regino Morones Reza. 1

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS GENÉTICOS EN *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Salvador Valencia Manzo, J. Jesús Vargas Hernández, Miguel A. Capó Arteaga. 10

VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Pinus durangensis* Mtz (Pinaceae) EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA "LA MICHILÍA", DURANGO, MEXICO. Abel García Arévalo, Laura Rentería Arrieta 27