

Ensayos de pinos mexicanos en Hawaii*

CRAIG D. WHITESELL**, RUSSELL K. LeBARRON***

ABSTRACT

Ten species, one variety, and one form of pines from the States of Jalisco, Mexico, Michoacan, Puebla, and Tlaxcala are being field tested in Hawaii. The habitats where the parent trees are located are closely similar to those of the two test sites in latitude (about 20°N.) and in volcanic origin of the soil materials. They are also reasonably similar in atmospheric temperatures and precipitation but the test sites are subject to severe winds.

Initial survival was low mainly because of poor condition of the planting stock but subsequent losses have been small through the second to fifth years inclusive. After five years in the field, most of the trees were robust. Only *P. oocarpa* Schiede ranked low in vigor, probably because of sensitivity to frost injury. Form of many trees was poor. Physical damage by wind resulted in considerable bending, partial uprooting, and killing of terminal shoots, particularly to *P. patula* Schiede & Deppe and *P. leiophylla* Schiede & Deppe. Heights after five years were impressive for most species and their averages ranged up to 4.5 meters for *P. patula*, *P. hartwegii* Lindl., *P. michoacana* Martinez, *P. michoacana* v. *cornuta* Martinez, *P. montezumae* Lamb, *P. montezumae* f. *macrocarpa* Martinez, *P. rudis* Endl., *P. patula*, *P. pseudostrobus* Endl., *P. tenuifolia* Benth., *P. teocote* Schiede & Deppe and *P. leiophylla* appear to have promise for planting on windy sites at about 900 to 2000 meters above sea level for watershed protection, erosion control, beautification and development of recreation sites in Hawaii. More time must elapse before value for wood production can be determined. — The authors

Introducción

SI bien no existen coníferas indígenas en las Islas de Hawaii, durante los últimos 70 años muchas especies exóticas de pinos y otras coníferas han sido introducidas (2) con éxito considerable en algunas de ellas: *P. elliotii* Englm. y *P. taeda* L. provenientes del sudeste de EE. UU., *P. pinaster* Ait. de la región Mediterránea, y *P. radiata* D. Don. del Estado de California. Debido a la dificultad en la obtención de semi-

llas, muy pocos ensayos de pinos mexicanos han sido realizados en Hawaii, no obstante que México promete ser una buena fuente de semillas. Muchas especies de pinos crecen en México en las mismas latitudes que en Hawaii (19° a 22°N), y algunos de los suelos al igual que los de Hawaii son de origen volcánico. Las condiciones ambientales, particularmente temperatura y precipitación, son bastante similares.

En 1962, colaboradores del Programa de la Universidad de Carolina del Norte sobre mejoramiento forestal "Tree Improvement Program" cosecharon semillas de pinos en México (4, 6). Algunas de estas semillas fueron entregadas al Instituto Forestal de las Islas del Pacífico del Servicio Forestal de EE. UU. para ser ensayadas en Hawaii. Dichos ensayos siguieron el mismo diseño experimental planeado para el estudio de los pinos mexicanos en el sudeste de EE. UU. y Brasil. Los

* Recibido para la publicación el 17 de abril de 1975.

** Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Berkeley, California, U.S.A. stationed at Honolulu, Hawaii.

*** Formerly with Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.

resultados de estos dos países a los tres años de plantación fueron presentados por Saylor (5). Los resultados obtenidos en Hawaii durante los cinco primeros años se detallan a continuación

Métodos

Los árboles estudiados en Hawaii provienen de semillas cosechadas en 23 diferentes lugares de los estados de Jalisco, México, Michoacán, Puebla y Tlaxcala e incluyen diez especies, una variedad y una forma. Cien muestras de semillas (cada una proveniente de un árbol padre) llegaron a Hawaii pero por razones que luego explicaremos sólo se ensayaron progenies de 70 muestras. Las progenies provenientes de un árbol se llaman "familia". Algunas de las especies estaban representadas por sólo una familia y otras por varias. De *P. montezumae*, por ejemplo, se disponía de 13 familias para los ensayos de campo (Cuadro 1)

La mayoría de los árboles padres provenían de parcelas con baja densidad. Aunque se tuvo especial cuidado en tratar de cosechar las semillas de árboles padres de buen fenotipo, esto no siempre fue posible debido a que 1962 fue un año muy pobre en producción de semillas. Por otra parte, muchas de las parcelas habían sido explotadas para obtención de rollizos, pastoreadas o quemadas, encontrándose en condiciones de muy baja densidad. En *P. montezumae* y *P. patula* se pudo obtener buena cosecha debido a que se localizaron algunas parcelas con buenos ejemplares en cuanto a forma y altura (4). La altitud en los sitios de cosecha oscilaba entre 1380 a 3660 metros sobre el nivel del mar. Los suelos variaban en fertilidad de pobres a muy fértiles; en cuanto a composición, se podía encontrar ceniza volcánica, ceniza sobre suelo franco limoso, suelos francos, arenas, limos y arcillas.

Las semillas fueron sembradas en 1963 en un vivero de la Dirección Forestal del Estado de Hawaii. El porcentaje de germinación de las 100 parcelas variaba de pobre a bueno. Un alto porcentaje de pérdidas fue causado por roedores, pájaros, inundaciones de los almácigos y por el pH neutro del suelo. Debido a estas pérdidas sólo pudieron ser llevadas a plantación definitiva 70 de las 100 muestras sembradas.

El plan era realizar la plantación definitiva durante la estación lluviosa (meses de invierno) de 1963-64. Debido a que las lluvias fueron insuficientes se decidió trasplantar las plantitas de los almácigos al vivero y mantenerlas allí hasta el siguiente año (marzo 1965). Las plantitas fueron arrancadas y empacadas a raíz desnuda. La calidad y el vigor eran bajos, presentando la mayoría de ellas un sistema radical muy pobre.

El diseño experimental estaba formado por cuatro repeticiones con una fila de 15 plantas (total 60) por familia. Las muestras de las 70 familias fueron plantadas en la isla de Maui con el inconveniente de que no todas contenían suficientes cantidades de ejemplares para las cuatro repeticiones proyectadas. El total de plantas utilizadas en Maui fue 3549 comparado con 4200

requerido por el diseño. Sólo cinco especies representadas por 28 familias con un total de 1498 plantas fueron instaladas en la isla de Molokai.

Lugares de plantación

En la isla Maui el lugar de ensayo está situado en la Reserva Forestal de Kula a 1970 metros snm, latitud norte 20°42', longitud oeste 156°19' en la pendiente sotavento del pico Haleakala, un volcán inactivo. La estación lluviosa es generalmente de octubre a marzo. El promedio de precipitación anual es de 1000 mm pero varía mucho de un año a otro. El promedio de temperatura anual se estima en 12°C. Las heladas ocurren ocasionalmente durante los meses de invierno. Los vientos fuertes son una gran amenaza para árboles. Densas nubes y neblina se forman diariamente al atardecer (3).

El suelo se originó de cenizas y carbonillas volcánicas. El solum está formado por tierra franca con 76 a 107 cm de espesor, bien drenado y ligeramente alcalino. El subsuelo es franco-arcilloso o franco-arcilloso-limoso proveniente de materiales volcánicos con reacción neutra a medianamente ácido. Está orientada al oeste con una pendiente de 1-25 por ciento.

La vegetación estaba formada en su mayor parte por pastos y arbustos dispersos. Los pastos formaban en la mayoría de la superficie una cubierta bien compacta. Los arbustos más comunes eran *Styphelia tameiameia* (Cham.) F. Muell. de aproximadamente uno a dos m de altura y *Sophora chrysophylla* (Salism.) Seem algo más alta. La limpieza del lugar previo a la plantación consistió en la eliminación de la vegetación arbustiva con la ayuda de un "bulldozer" y del césped alrededor de cada hoyo de plantación para lo cual se utilizó un azadón.

En la isla Molokai la zona de estudio está situada en un cerro angosto en la Reserva Forestal Molokai a 975 m de altura, latitud norte 21°09' y longitud oeste 156°56'. Esta zona en la mayoría de los años cuenta con lluvias periódicas cada mes. El período más húmedo es entre noviembre y abril con un promedio de 1270 mm anuales con grandes variaciones que oscilan desde el doble de esta cifra hasta menos de la mitad. El promedio de temperatura anual es de 22°C con temperatura promedio en febrero de 19°C y en agosto de 24°C.

El suelo es arcillo-limoso con buen drenaje proveniente de rocas ígneas básicas meteorizadas en el lugar. El solum de color pardo rojizo contiene concreciones de hierro. El subsuelo es también pardo rojizo y de textura arcillo-limosa. El suelo es fuertemente ácido. El solum tiene un pH de 4,8 y el subsuelo de 4,6 a 4,8. Está orientado al este con una pendiente de 3-25 por ciento. La vegetación nativa está formada en su mayor parte de árboles pequeños y sinuosos *Metrosideros collina* (Forst.) Gray, dos especies de arbustos *Dodonaea stenoptera* Hbd y *Styphelia tameiameia* (Cham.) F. Muell. y una hierba *Paspalum conjugatum* Berg. Previo a la plantación se hizo limpieza del terreno utilizando un "bulldozer" con el que se abrieron franjas de 3,5 m de ancho y grandes claros empujando la vegetación en barrancas o acumulándola en fajas largas y estrechas.

Cuadro 1.—Especies, orígenes y números de muestras de semillas de pinos mexicanos plantadas en Hawaii.

Especie	Origen	Lugares de cosecha	Muestras o lotes de semillas	Elevación
	Estado	Número	Número	
<i>P. bartwegii</i> Lindl	México	1	2	3660
<i>P. michoacana</i> Martínez	Michoacán	1	3	1380
<i>P. michoacana</i> v. <i>cornuta</i> Martínez	Michoacán	3	8	de 1800
	Jalisco	1	1	a 2320
<i>P. montezumae</i> Lamb	Puebla	2	5	de 2270
	Michoacán	1	4	a 2710
	México	1	4	
<i>P. montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i> Martínez	Michoacán	1	1	2100
<i>P. radis</i> Endl	Tlaxcala	1	3	2740
<i>P. oocarpa</i> Schiede	Michoacán	2	5	de 1450
				a 1680
<i>P. patula</i> Schiede y Deppe	Tlaxcala	1	3	de 2030
	Puebla	1	4	a 2680
<i>P. pseudostrabus</i> Lindl	Puebla	1	5	de 2040
	Michoacán	1	5	a 2320
<i>P. tenuifolia</i> Benth	Michoacán	1	4	2100
<i>P. teocote</i> Schiede y Deppe	Tlaxcala	1	3	de 2650
	Puebla	1	1	a 2830
<i>P. leiophylla</i> Schiede y Deppe	Michoacán	1	5	de 2100
	Puebla	1	4	a 2490
Todo		23	70	

Observaciones y medidas realizadas al quinto año de plantación

Al quinto año se efectuaron observaciones de:

- Porcentaje de supervivencia.
- Diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles de más de 1,5 m de altura.
- Altura total de los árboles.

- Vigor.
- Forma del tronco.

En los cálculos de diámetro y altura, fueron excluidos aquellos ejemplares que mostraban severos daños de heladas y de fuertes vientos y que como consecuencia tenían troncos bifurcados, copas rotas, o volteados. Sólo se consideraron los árboles de buena forma, derechos y con un solo tronco principal. El vigor fue clasificado como bueno o pobre a juzgar por su apariencia general y condiciones de sanidad.

Cuadro 2.—Supervivencia, altura, vigor y forma de los pinos mexicanos a los 5 años de plantación en Maui,

Pinus especies	M A U I										M O L O K A I									
	Supervivencia					Altura					Supervivencia					Altura				
	Arboles		Especies		Arboles vivos	Especies		Familia		Buena forma	Arboles		Especies		Arboles vivos	Especies		Familia		Buena forma
	Nº	Por ciento	Nº	Por ciento	Nº	Pro-mé-dio	Máxi-mo	Dispersión	Buena forma	Por ciento	Nº	Por ciento	Nº	Por ciento	Nº	Pro-mé-dio	Máxi-mo	Dispersión	Buena forma	Por ciento
<i>P. bartuegi</i>	54	63	58—67	34	1,5	2,4	1,3—1,5	94	79	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. michoacana</i>	135	11	8—23	15	1,9	3,3	1,2—2,4	100	73	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. michoacana</i> v. <i>cornuta</i>	478	21	7—38	102	2,3	4,3	1,5—2,4	99	67	276	25	11—40	69	2,7	5,5	1,5—4,0	100	41	—	—
<i>P. montezumae</i>	732	18	0—47	130	2,3	4,9	1,5—3,0	98	72	377	13	0—21	49	1,5	4,6	0,9—2,1	90	51	—	—
<i>P. montezumae</i> f. <i>macrocarpa</i>	45	18	—	8	3,8	4,9	—	100	73	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. rudis</i>	150	59	48—70	89	1,9	3,7	1,8—2,0	100	57	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. oocarpa</i>	240	16	9—20	38	1,4	2,4	1,2—1,5	34	24	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. patula</i>	269	21	13—27	56	4,5	6,1	3,4—4,9	35	66	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. prenodotrobus</i>	539	29	22—43	156	4,1	7,3	2,7—5,2	95	66	360	30	7—40	108	3,4	6,1	2,4—4,0	98	34	—	—
<i>P. tenuifolia</i>	223	22	17—34	48	4,4	7,0	3,3—5,2	93	67	125	69	33—78	86	3,4	6,7	3,4—3,7	94	49	—	—
<i>P. teocote</i>	150	39	15—57	58	2,4	3,7	2,1—2,7	100	64	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>P. tenophylla</i>	534	46	29—70	245	2,5	5,2	1,8—3,0	87	45	360	60	41—85	216	2,9	5,2	1,8—3,7	93	14	—	—

Resultados y discusión

Supervivencia

El bajo porcentaje de supervivencia no fue una sorpresa pues era de esperarse debido a la baja calidad de las plantitas y a las condiciones desfavorables del lugar (Cuadro 2). A fines del primer año el porcentaje de supervivencia en la mitad de las especies fue menos de 33 por ciento pero sólo unos pocos árboles (un máximo de 7 por ciento por especies) murieron en el correr de los dos años siguientes. La mortalidad del cuarto y quinto años no fue más de 4 por ciento en las distintas especies, y algunas de estas pérdidas fueron provocadas por fuertes vientos. En la isla de Maui durante este mismo período la mitad de las especies no sufrió mortalidad. En Molokai la mortalidad fue casi tan baja como en Maui.

Crecimiento

En la isla Maui la altura promedio a los cinco años variaba de 1,4 m en *P. oocarpa* a 4,5 m en *P. patula*. Según Loock (1) el *P. bartwegii* es un pino de crecimiento lento pero de muy buena conformación. Dos muestras (familias) de este pino provenientes de las pendientes más altas del volcán Popocateptl, 3600 metros snm, tuvieron un crecimiento promedio de sólo 0,3 m de altura pero resultando ser los árboles de mejor forma entre todas las especies estudiadas (Cuadro 2).

En el lugar de ensayo de la isla Molokai, que se encuentra a menor altura, el *P. montezumae* tuvo el crecimiento más lento con un promedio de 1,5 m en cinco años mientras que las especies de crecimiento más rápido, *P. pseudostrobus* y *P. tenuifolia*, lograron una altura promedio de 3,4 m. El crecimiento menor en altura de estas especies en la isla Molokai comparado con el crecimiento en Maui se debe a la muerte regresiva de los tallos terminales y a la formación de horquetas en los individuos más altos y más expuestos a los fuertes vientos. El daño físico provocado por el viento en los troncos y en los delgados brotes terminales es una de las varias causas de horquetas en el *P. pseudostrobus* que Loock observó en Sud Africa (1). Donde diez o más árboles de una misma especie fueron medidos, los diámetros promedios a la altura del pecho fueron calculados. Oscilaron entre cuatro y nueve centímetros.

Vigor

Al quinto año de plantación, la mayoría de los árboles estaban vigorosos y saludables. En la isla Maui, 93 por ciento o más de los ejemplares de nueve especies fueron clasificadas como de buen vigor pero en *P. oocarpa* sólo 34 por ciento obtuvieron esta clasificación. Las cinco especies de la isla Molokai se clasificaron con vigor de 90 por ciento o más (Cuadro 2).

Forma

Sólo aproximadamente dos tercios de los árboles en Maui y menos de la mitad en Molokai tenían troncos

simples y rectos. Las especies con porcentaje más bajo fueron *P. oocarpa* (24 por ciento) en Maui y *P. leiophylla* (14 por ciento) en Molokai. Como era de esperarse, los factores genéticos jugaron un papel muy importante. La historia de las semillas utilizadas indicaba que la mayoría de los árboles padres (de México) fueron clasificados como de forma del tronco regular o pobre. Debe tenerse en cuenta que la mayoría de los árboles padres eran ejemplares que habían sido dejados en las áreas de cosecha y por lo tanto podemos suponer que fueron dejados debido a que se les consideró árboles pobres. Diferencias debidas a fuentes de orígenes de las semillas fueron observadas en el comportamiento del *P. leiophylla* representado por semillas cosechadas en Puebla a 2480 m de altura y a 2100 m en Michoacán. Setenta y seis por ciento (de 102 árboles) de los ejemplares provenientes de semillas cosechadas en Puebla tuvieron troncos simples y rectos comparado con 22 por ciento (de 143 árboles) de origen en Michoacán. Los dos orígenes en la isla Maui promediaron 45 por ciento en buena forma.

Heridas y anomalías

Los vientos fuertes ocurridos en las islas Maui y Molokai dañaron a unas especies más que otras. En Maui el porcentaje en ocho especies que no pudo ser medido debido al daño provocado por fuertes vientos (troncos partidos o derribados) variaba entre cero y cuatro por ciento. En *P. leiophylla* y en *P. patula* el porcentaje fue mucho mayor, 7 y 9 por ciento respectivamente. En Molokai el daño provocado por los vientos fue de 7 por ciento en *P. leiophylla* pero menos de 2 por ciento en cada una de las cuatro especies restantes.

Los únicos ataques serios de insectos aparecieron en la isla Maui donde dos clases de áfidos fueron encontrados en todas las especies excepto en *P. michoacana* variedad *cornuta*. Dichos áfidos fueron identificados por un entomólogo del gobierno de Hawaii como *Cinera carolina* Tissot y *Macrosiphum avenae* Fabricius. Eventualmente fueron controlados por un coleóptero predador *Hippodamia convergens* Guerrinn-Mendville. No se observó ninguna enfermedad.

En Maui tres especies sufrieron daños de heladas, *P. oocarpa*, *P. patula* y *P. leiophylla*. Treinta y siete por ciento del *P. oocarpa* sufrieron muerte de las yemas y tallos terminales o muerte regresiva desde el ápice hacia la base y unos pocos ejemplares murieron completamente. Los ataques de la helada en *P. patula* y *P. leiophylla* fueron menos comunes.

En Molokai tres por ciento de los troncos fueron anillados parcialmente o completamente por puercos salvajes. Parecieron escoger los ejemplares mejores e ignorar completamente al *P. michoacana* v. *cornuta*.

Durante un período de dos o más años unos pocos ejemplares de tres especies desarrollaron largas porciones de troncos sin ninguna rama lateral ("cola de zorro"). Este tipo de crecimiento generalmente ocurre cuando pinos de origen de zonas templadas se introducen en zonas tropicales o subtropicales. Sólo 2 por ciento de *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* en Maui y 2 por ciento del *P. pseudostrobus* en Molokai mostraron esta anomalía.

Conclusiones

Previas observaciones indican que México merece mayor atención como posible fuente de semillas de pinos a ser introducidas en sitios de condiciones adversas en Hawái. El crecimiento y vigor han sido excelentes si tenemos en cuenta las condiciones adversas del lugar de plantación. Las semejanzas en latitud (duración del día), altura snm, y precipitaciones entre el lugar de origen de semillas en México y los lugares de ensayo en Hawái parecen haber sido la causa del éxito obtenido. Con excepción de casos aislados de daños de heladas y de heridas provocadas por fuertes vientos, los árboles mostraron perspectivas de éxito en lugares de Hawái con condiciones similares a las zonas de ensayo.

A los cinco años de plantación, once de las clases de árboles (nueve especies, una variedad y una forma) plantadas en Maui a 1970 m de altura snm y todas las cinco especies plantadas en Molokai a 975 m mostraron buenos resultados. El promedio anual de crecimiento en estas especies variaba de 0,3 a 0,9 m en Maui y de 0,3 a 0,7 m en Molokai. Creemos que con plantitas de buena calidad y condiciones de humedad favorables en el momento de plantación se podría obtener un mejor porcentaje de supervivencia.

Las especies que mostraron buen comportamiento tanto en la isla de Maui como en Molokai fueron *P. montezumae*, *P. michoacana* v. *cornuta*, *P. pseudostrabus*, *P. tenuifolia* y *P. leiophylla*. Las especies que sólo se plantaron en Maui y que mostraron valor potencial son *P. montezumae* f. *macrocarpa*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. rudis*, *P. patula* y *P. teocote*. Estas prometen ser

valiosas para ser utilizadas en protección de cuencas (control de inundaciones, control de erosión y regulación de corrientes de agua), en sitios de recreación y en arquitectura paisajística.

Antes de poder dar una opinión definitiva del valor de estas especies para producción de madera se necesitan más años de experiencia.

Literatura citada

- 1 LOOCK, E. E. M. The pines of Mexico and British Honduras. Union of South Africa, Department of Forestry Bulletin N° 35. Preface dated 1950. 244 p.
- 2 NELSON, ROBERT E. A record of forest plantings in Hawái. U.S. Forest Service Res. Bul. PSW-1. Pacific S. W. For. and Range Expt. Sta., Berkeley, Calif. 1965. 18 p.
- 3 SAGER, WILLIAM H. and KORTE, K. H. Management plan for Kula Forest Reserve, Island of Maui. Hawái Department of Land and Natural Resources. 1971. 52 p.
- 4 SAYLOR, L. C. and McELWEE, R. L. Collecting pine material in Mexico for provenance trials and wood studies. Univ. of North Carolina at Raleigh, Technical Report N° 18. 1963. 23 p.
- 5 ———. Provenance testing Mexican pines in the U.S. and Brazil. In Proceedings of the Tenth Conference on Forest Tree Improvement. 1969. pp. 154-164.
- 6 ZOBEL, B. Mexican pines. In Genetic resources in plants, their exploration and conservation. O. H. Frankel and E. Bennet, Eds. 1970. Oxford, Blackwell Scientific Publications, England, 1970. pp. 375-379.