NOTAS BOTÁNICAS

Evaluación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas para tres especies del género *Pinus* (*P. montezumae* Lamb. *P. pseudostrobus* Lind. y *P. leiophylla* Schl. & Cham.), en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

La capacidad de producción de semillas es el límite biológico máximo de semillas que es capaz de producir cualquier cono (Lyons, 1956). Esto permite estimar la eficiencia de la producción de semillas en términos de la proporción de semillas viables en relación a la capacidad de producción de semillas (Bramlett *et al.*, 1977; Karrfalt y Belcher, 1975). Existen diferentes hipótesis sobre los factores biológicos y ambientales que influyen en la producción y eficiencia de semillas, tales como la hibridación, la endogamia, los tipos de polinización (cruzada o cerrada), la variación genética y la interacción con especies de insectos o patógenos. La perturbación de los sistemas por la actividad humana o por fuerzas naturales puede dar lugar a la transformación de algunos de estos factores, por lo que pueden ser utilizados como indicadores del estado de conservación de las especies.

La estimación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas es importante para generar información técnica que sirva de base para programas de mejoramiento genético que incluyen la selección de árboles semilleros y la obtención de híbridos más resistentes a plagas y patógenos para la implementación de plantaciones de alto rendimiento comercial y para cubrir programas de producción masiva de pinos destinados a la restauración de bosques naturales. Uno de los métodos más confiables para determinar la producción y eficiencia de semillas forestales es el análisis de conos individuales (Bramlett, 1972, 1974a,b; Karrfalt y Belcher, 1975; Bramlett *et al.*, 1977; Bramlett, 1979; Bramlett y Godbee, 1982; Niembro, 1987). Este método permite además evaluar algunos de los daños específicos que merman la producción causados por plagas y otros daños como semillas vacías y mal formadas.

En México, la mayoría de los trabajos se refieren a aspectos generales sobre producción, recolección, extracción y almacenamiento de semillas (Carrillo *et al.*,

1980; Bello, 1983; Patiño *et al.* 1983; Niembro, 1986, 1987). En este estudio, se reporta la capacidad productiva y eficiencia de semillas de tres especies de *Pinus*, con la finalidad de determinar el estado actual de este recurso y proponer una alternativa para el manejo de semillas forestales. Se plantean algunas hipótesis que puedan explicar los principales factores que causan las fluctuaciones de su producción.

Este estudio se realizó en el área forestal de La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan, Parangaricutiro que forma parte de la región conocida como Meseta Tarasca en el estado de Michoacán, México (19°21' y 19°34', 102°08' y 102°17'). Las especies estudiadas se distribuyen en zonas de clima subtropical a templado y en un rango altitudinal de los 1150 hasta 3250 msnm (Eguiluz, 1978). *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* se encuentran dentro de las más abundantes en el área de estudio y generalmente están representadas por masas semi-abiertas con tendencias a formar masas puras de diferente extensión. *P. leiophylla* comunmente se encuentra asociada a otras especies formando manchones muy dispersos. Las tres especies también se encuentran asociadas entre sí y ocasionalmente con *P. michoacana*, así como con latifoliadas como *Quercus candicans*, *Q. rugosa*, *Q. laurina*, *Q. crassipes*, *Prunus serotina* ssp. *capuli*, *Arctostaphylos discolor*, *Alnus jorullensis*, *Crataegus pubescens*, *Arbutus xalapensis* y *Ternstroemia pringlei* entre otras. De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificada por García (1981), el clima presente en esta región es de tipo C(m)(w)g, templado húmedo con abundantes lluvias en verano. La precipitación media anual es entre 1500 y 2000 mm y la temperatura media anual es de 18°C.

Pinus pseudostrobus y *Pinus montezumae* son dos de las especies maderables de mayor uso en el estado de Michoacán, su madera es de buena calidad y sus largos fustes limpios permiten su uso en aserrio, en la producción de molduras y en la industria de la construcción (Eguiluz, 1978; Saucedo y Acosta, 1988). En la Comunidad Indígena los recursos forestales forman el principal pilar de su economía. Utilizan de manera integral sus recursos forestales, como la obtención de resinas y sus derivados, madera en rollo o aserrada, hasta la elaboración y comercialización de sus productos ya sea dentro o fuera del país. Las especies forestales de mayor importancia en orden de obtención de materia prima son *P. pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. michoacana*, *P. leiophylla* y otras especies de los géneros *Quercus* y *Alnus*. Las semillas de las dos primeras especies de pino se usan en la producción de plántulas en viveros para la reforestación de áreas perturbadas.

Primeramente, el criterio que se tomó para la selección de los sitios fue la presencia de masas puras o dominantes de las especies de pino con el fin de obtener muestras más homogéneas y representativas de individuos coetáneos. La elección de árboles o unidades de muestra se hizo por sus características productivas deseables como abundancia de conos, árboles sanos, amplia cobertura, de fuste recto y vigorosos. Se seleccionaron 5 árboles por especie en un mismo sitio para cada una de las especies

excepto *P. leiophylla* cuyas muestras se colectaron de dos sitios diferentes. Se colectaron 50 conos por árbol al azar, dando un total de 250 conos por especie. Se eligieron conos cerrados colectados un mes antes de la dispersión, con la finalidad de analizar cada escama del cono, semillas y óvulos, minimizando las posibilidades de pérdida del material.

La obtención de datos se basó en el método del análisis de conos propuesto por Bramlett *et al.* (1977). La producción potencial de semillas por cono se estima multiplicando el número de escamas fértiles por dos, lo que indica la cantidad de semillas que debe producir cada cono en promedio. Para remover y analizar las escamas de cada cono se hizo una perforación de la base al ápice del cono con el auxilio de un taladro eléctrico, de tal forma que la perforación longitudinal del cono permitiera la remoción de las escamas sin dañar las semillas y los óvulos. Las características que se analizaron en conos y semillas fueron: escamas fértiles (EF), semillas desarrolladas (SD), vacías (SV) y llenas (SLL), óvulos abortados del primero (OA1) y segundo año del desarrollo (OA2), y semillas dañadas por insectos (SDI). La disección de conos permitió hacer el conteo y registro de las escamas fértiles, óvulos y semillas. Se realizó el conteo de escamas fértiles separando las semillas desarrolladas que contenía, así como los óvulos. Se registró el número de semillas desarrolladas por escama y el número de óvulos abortados del segundo año. El número de óvulos abortados del primer año se obtuvo mediante la diferencia del promedio de las semillas desarrolladas y óvulos abortados del segundo año con relación al número de escamas fértiles. Las semillas dañadas por insectos se reconocieron por la presencia del insecto dentro de la semilla o por las perforaciones de su testa. Posteriormente se procedió a la selección de semillas llenas (con embrión) y vacías (sin embrión), utilizando el método de flotación (ISTA, 1966). El número de semillas llenas y vacías por cono en promedio, se obtuvo calculando la diferencia entre el total de semillas desarrolladas y el total de semillas vacías entre el tamaño de muestra por especie (250 conos).

La evaluación e interpretación de la información se realizó usando los indicadores propuestos por Bramlett *et al.* (1977), los cuales consisten en:

- (1) $CPS = EF \times 2$
- (2) $TSD = SCI + Sd + SLL + SV$
- (3) $SD (\%) = TSD / CPS \times 100$
- (4) $SLL (\%) = SLL / TSD \times 100$
- (5) $SDI (\%) = SCI + SCLIP / TSD \times 100$
- (6) $OA1 (\%) = OA1 / CPS \times 100$
- (7) $OA2 (\%) = OA2 / CPS$
- (8) $ES (\%) = SLL / CPS \times 100$
- (9) $SG (\%) = SG / SLL \times 100$;

en donde: CPS = capacidad de producción de semillas; EF = escamas fértiles; TSD = total de semillas desarrolladas; SCI = semillas con perforación de insectos;

Sd = semillas destruidas; SLL = semillas llenas y SV = semillas vacías; SD = semillas desarrolladas; SLL = semillas llenas; SDI = semillas dañadas por insectos y SCLIP = semillas con larvas insectos o pupas; OA1 = óvulos abortados del primer año; OA2 = óvulos abortados del segundo año; ES = eficiencia de semillas; SG = semillas germinadas.

En promedio, se obtuvo una capacidad productiva de semillas de 219 para *P. montezumae*, 73 en *P. pseudostrobus* y 53 para *P. leiophylla*. Al comparar los promedios de semillas desarrolladas (o producidas) por cono con la producción potencial de semillas, correspondieron al 78.5% (172 SDR/cono) para *P. montezumae*, 42.7% (32 SDR/cono) en *P. pseudostrobus* y 45.3% (24 SDR/cono) en *P. leiophylla* (cuadro 1).

CUADRO 1. Indicadores de la capacidad de producción y eficiencia de semillas por cono de tres especies de *Pinus*.

Indicadores	E SPECIES		
	<i>P. montezumae</i>	<i>P. pseudostrobus</i>	<i>P. leiophylla</i>
Potencial de semillas	219.0	73.0	53.0
Total de semillas desarrolladas	172.0	32.0	24.0
Semillas desarrolladas (%)	78.5	42.7	45.3
Semillas dañadas por insectos (%)	.001	.000001	.0001
Semillas llenas (%)	86.6	37.5	37.8
Ovulos abortados del primer año (%)	11.0	45.4	15.1
Ovulos abortados del segundo año (%)	10.5	12.0	39.6
eficiencia de la germinación (%)	99.5	95.3	93.0
Eficiencia de las semillas (%)	68.0	16.0	17.0

En el primer año de desarrollo de los conos se presentan óvulos abortados no fertilizados. En *P. pseudostrobus* se encontró el mayor número de óvulos abortados de primer año (34 OA1/cono; 45.4%), seguido de *P. leiophylla* (8.0 OA1/cono; 16.1%) y *P. montezumae* (24 OA1/cono; 11.0%). Durante el segundo año del desarrollo de los conos, los óvulos del primer año que continuaron su desarrollo (que si fueron fertilizados) pueden cesar su crecimiento y abortar, estos óvulos son necróticos y finalmente se colapsan (Bramlett *et al.*, 1977). Se produce un completo rompimiento del interior del óvulo lo cual conduce a su aborto. Para *P. leiophylla* se presentó la mayor cantidad de óvulos abortados del segundo año (21 OA2/cono; 39.6%), seguido de *P. pseudostrobus* (9 OA2/cono; 12.%) y *P. montezumae* (23 OA2/cono; 10.5%). Las causas específicas que originan los óvulos abortados de este tipo aun no son muy claras. Se ha reportado que la acción de enzimas digestivas secretadas por los insectos puede ser una de las causas más comunes (Krugman y Koerber, 1969; Bramlett, 1974b; Debarr y Kormanik, 1975). Sin embargo, Bramlett y Johnson (1975) mencionan que también se debe a la imposibilidad del embrión para crecer y desarrollarse normalmente (con pobre desarrollo del gametofito femenino). Muchas de las semillas en crecimiento pueden ser dañadas durante cualquier etapa de su desarrollo por insectos o patógenos (Karrfalt y Belcher, 1975; Cibrian *et al.*, 1986). En el presente trabajo, se registraron dos especies de insectos en densidades muy bajas (1%): *Megastigmus* sp (Lepidoptera) y *Dioryctria pinicolella* (Himenoptera). Los organismos de *Megastigmus* sp. dejan una perforación en la parte basal de las semillas, mientras que *D. pinicolella*, deja dos perforaciones en la porción media de las semillas.

El porcentaje de semillas con embrión (o semillas llenas) para *P. montezumae* fue de 86.6%, con solo 13.4% de semillas vacías o sin embrión. Esto representa un buen manejo del recurso según los indicadores propuestos por Bramlett *et al.* (1977) e indicaría a una población donde los procesos de reproducción (fecundación cruzada), desarrollo (etapa reproductiva) e interacción (intra e inter-específica) están equilibrados. En contraste, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* presentaron porcentajes de semillas con embrión (37.0% para ambas especies). Se ha encontrado que las causas de la formación de semillas sin embrión están fuertemente asociadas con la endogamia (Squillace y Kraus, 1963; Snyder, 1968; Franklin, 1969). En teoría, cuando dos genes letales recesivos se juntan, el embrión no se desarrolla (acción de alelos letales) resultando una semilla vacía que sólo contiene remanencias celulares.

La eficiencia de semillas fue de 68% para *P. montezumae*, 16 % para *P. pseudostrobus* y 17% para *P. leiophylla*. En otras especies de pino del sureste de los Estados Unidos se ha calculado que la máxima eficiencia de semillas es de 80% en condiciones naturales y de 70% en zonas protegidas con un valor mínimo aceptable de 35% (Bramlett *et al.*, 1977; Bramlett y Godbee, 1982). De acuerdo a estos valores, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* se consideran como especies poco eficientes. Sin

embargo, estudios con *P. virginiana* han mostrado un incremento considerable en la eficiencia de semillas aplicando técnicas de control de insectos y de polinización (Bramlett, 1974). Los porcentajes de germinación de las semillas fueron altos: 99.5% para *P. montezumae*, 95.3% en *P. pseudostrobus* y 93.0 % en *P. leiophylla*. Estos valores indican que las pocas semillas producidas por *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla* son viables y pueden ser producto de la recombinación genética de árboles reproductores de alta calidad genética que producen semillas vigorosas.

En síntesis, *P. montezumae* fué la especie más eficiente por lo que se puede considerar como una especie productora de semillas. En cambio, *P. pseudostrobus* y *P. leiophylla*, requieren de la corrección de daños antes de planificar un programa de obtención de semillas. El sitio donde se colectó *P. pseudostrobus* sufrió un incendio intenso superficial en 1986 (A. Chávez. com pers.) que alteró tanto la sincronía de la liberación de polen con el tiempo de receptividad de los óvulos, así como la cantidad y la calidad del polen. *P. leiophylla*, presentó el mayor número de óvulos abortados del segundo año de su desarrollo, posiblemente por la baja reserva alimenticia de las semillas. Además, esta especie pocas veces llega a formar masas puras o dominar en una comunidad presentándose pocas probabilidades de encontrar varios individuos con los cuales intercambiar gametos.

La evaluación realizada en este estudio es solo una iniciativa de manejo que requiere de la continuidad de estudios sobre este tópico durante varios años con el objeto de determinar el parámetro más constante de la capacidad de producción de semillas. Asimismo, se requiere de estudios adicionales que permitan separar y evaluar las causas genéticas y ambientales que merman la producción y eficiencia de semillas en las especies del género *Pinus*.

AGRADECIMIENTOS. Este estudio forma parte de la tesis profesional de la Carrera de Biología (UMSNH), la cual no se hubiese realizado sin la ayuda de muchas personas. Especialmente agradezco a Miguel A. Bello, Arturo Carrillo y Xavier Madrigal. Además quiero agradecer muy especialmente a la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich. por aceptar la realización de este trabajo dentro de los bosques forestales de su propiedad, dar apoyo de recursos materiales y humano cuando se necesitó y por mostrar gran interés en el tema. A las siguientes instituciones y centros de trabajo: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Genética Forestal, AC.Chapingo, Méx. Dirección Forestal del Estado de Michoacán. Finalmente a Elena Alvarez-Buylla, Ken Oyama y dos revisores anónimos por las críticas y sugerencias que ayudaron a mejorar este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- BELLO, G. M. 1983. Estudio fenológico de 5 especies de *Pinus* en la región de Uruapan Michoacán. INIF, SARH. México. Bol. Téc 96: 34-41.
- BRAMLETT, D.L. 1972. Seed and aborted ovules from cones of *Pinus echinata* Ga. For. Res. Counc. Res. 71: 15.
- BRAMLETT, D.L. 1974a. Seasonal development and losses of Virginia pines ovules and Seed. USDA Forest, Ser. Res. Note SE-285: 18.
- BRAMLETT, D.L. 1974b. Seed potential and seed efficiency. En: J. Kraus (Ed.). Seed yield from Southern pine seed orchards colloquium proceedings. Ga. For. Res. Counc. Macon. Ga. pp. 17.
- BRAMLETT, D.L. 1979. Efficiency of seed production in Southern pine seed orchards. Thirteenth Lake States For. Tree Improv. Conf., St. Paul M, N. Aug 17-18. 1977, 15-25.
- BRAMLETT, D.L. y C.J. JOHNSON. 1975. Pollination in slash pine seed orchard. Thirteenth South. For. Tree Improv. Conf. Proc. 1975: 161-165.
- BRAMLETT D.L, E.W. BELCHER, Jr., G.L. DEBARR, G.D. HERTEL, R.P. KARRFALT, C.W. LANTZ, T. MILLER, K.D. WARE y H.O. YATES III. 1977. Cono analysis of Southern pine: a guidebook. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. SE13: 1-28.
- BRAMLETT D.L Jr y J.F. GODBEE. 1982. Inventory monitoring system for Southern pine seed orchard. Georgia Forest Research. Paper 28. pp 19.
- CARRILLO, S.A, V.A. PATIÑO y A.I TALAVERA. 1980. El contenido de humedad en semillas de 8 especies de Coníferas y su relación con el porcentaje de germinación. INIF, SARH. México. Cienc. Forest. 5 (24): 34-51.
- CIBRIAN D.T, A.B, EBEL, H.O. YATES III y M. T. MÉNDEZ. 1986. Insectos de conos y semillas de las coníferas de México. UACH. Chapingo, México.
- DEBARR, G.L y P. KORMANIK. 1975. Anatomical basis for conelet abortion on *Pinus echinata* following feeding by *Leptoglossus corculus* (Say). Can. Entomol. 107: 81-86.
- EGUILUZ, P.T. 1978. Ensayo de integración sobre conocimientos del género *Pinus*. Tesis Prof. ENACH. Chapingo, México.
- FRANKLIN, E.C. 1969. Inbreeding depression in metrical trains of loblolly pine (*Pinus taeda* L) as a result of self-pollination. N.C. State Univ. Sch. Forest Resour. Tech. Rep. 40: 1-19.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Ed. Offset Larios, México, D.F. pp. 252.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1966. International rules for seed testing. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 31: 11-52.
- KARRFALT, R.P., y E.W. BELCHER. 1975. Evaluation of seed production by cone analysis. USDA, For. Serv. Res. SE 194, 8 p. Southern. Macon, Counc, Ga.
- KRUGMAN, S.L., y T.W. KOERBER. 1969. Effect of cone feeding by *Leptoglossus occidentalis* on ponderosa pine seed development. For. Sci. 15: 104-111.
- LYONS, I.A. 1956. The seed production capacity and efficiency of red pine cones (*Pinus resinosa*). Can. J. Bot. 34:27-36.

- NIEMBRO, R.A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en *Pinus*. Ed. LIMUSA. México.
- NIEMBRO, R.A. 1987. Colecta y manejo de semillas forestales. Div. Cien. For. UACH. Chapingo, México. pp. 36.
- PATIÑO, V.F, P. GARZA, A.Y. VILLA-GÓMEZ, A.I. TALAVERA. y M. F. CAMACHO. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales INIF. SFSARH. Boletín Divulgativo. No 63. pp. 181.
- SQUILLACE, A.E. y J.F. KRAUS. 1963. Effects of inbreeding on seed yield, germination, rate of germination and seedling growth in slash pine. Workshop Proc. 1062: 59-63.
- SNYDER, E.B. 1968. Seed yield and nursy performance of self-pollinated slash pine. For. Sci. 14:68-74.
- SAUCEDO, S.A. y V.B. ACOSTA. 1988. Modelo de organización para la producción forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Michoacán. México. Tesis Prof. Escuela de Agrobiología. UMSNH.

PATRICIA DELGADO VALERIO. Facultad de Biología. UMSNH. Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán. Dirección actual: Centro de Ecología. UNAM. Apdo. Postal 70-275. Delegación Coyoacán. 04510, México DF.