



PINUS HARTWEGII LINDL. DEL COFRE DE PEROTE EN VERACRUZ, MÉXICO

L. Iglesias¹, Y. Tivo¹ y J.L. Casas²

1 LABIOTECA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA, XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO. LGEORG01@HOTMAIL.COM

2 CIBIO, ALICANTE, ESPAÑA.

INTRODUCCIÓN

México por su extensión y características geográficas alberga el 1.3% de los recursos forestales mundiales (Guevara, 1999). Sus bosques templados, incluyen entre otros a las coníferas, que ocupan un área de 21 millones de hectáreas (CONAF, 1998) en las que se encuentra el 40% del total de las especies de pinos (Dvorak *et al.*, 1996), donde el 85% de las cuales son endémicas (Segura, 1997).

Muchas poblaciones de especies forestales, particularmente dentro del género *Pinus* se encuentran seriamente amenazadas. Al respecto se ha indicado que alrededor de 10 especies de pinos mexicanos están en peligro de extinción (Romeu, 2002). De hecho, en las dos últimas décadas México ha experimentado una de las más altas tasas de deforestación de América Latina y su sector forestal ha sufrido una crisis severa (Segura, *op cit.*; Ledig, 1998).

Se estima que anualmente se deforestan alrededor de 212 mil hectáreas por diversas causas, entre ellas por desmonte, incendios forestales, cambios de uso de suelo, plagas y enfermedades y aprovechamiento ilegal (Hernández, 1997). Todo ello ha conllevado a un gran deterioro, particularmente de los ecosistemas forestales mexicanos, que ha traído como consecuencia especialmente en el estado de Veracruz, la pérdida o transformación del 70% de la vegetación original (Dorantes, 1996).

Además, gran parte de este rico patrimonio está constituido por poblaciones genéticamente únicas. Dentro de ello el peligro más grave lo constituye la pérdida de poblaciones y recursos genéticos dentro de especies, lo que Ledig (1993) ha dado llamar las “extinciones ocultas”.

Por otro lado, el aumento de la población humana que a mediados del siglo XXI será de aproximadamente un 75% más (Dvorak *et al.*, 1996), demandará más espacios para vivienda y las activi-

dades agropecuarias se incrementarán sustancialmente, imposibilitando la conservación de las poblaciones naturales.

Por estos motivos, la preservación y estudio de la diversidad genética aun disponible, resultan en la actualidad dos temas de importancia crucial, no sólo para la conservación de genes valiosos con propósitos de mejoramiento genético (Adams *et al.*, 1997), sino también por su impacto directo en la conservación global de los ecosistemas (Ledig, 1991).

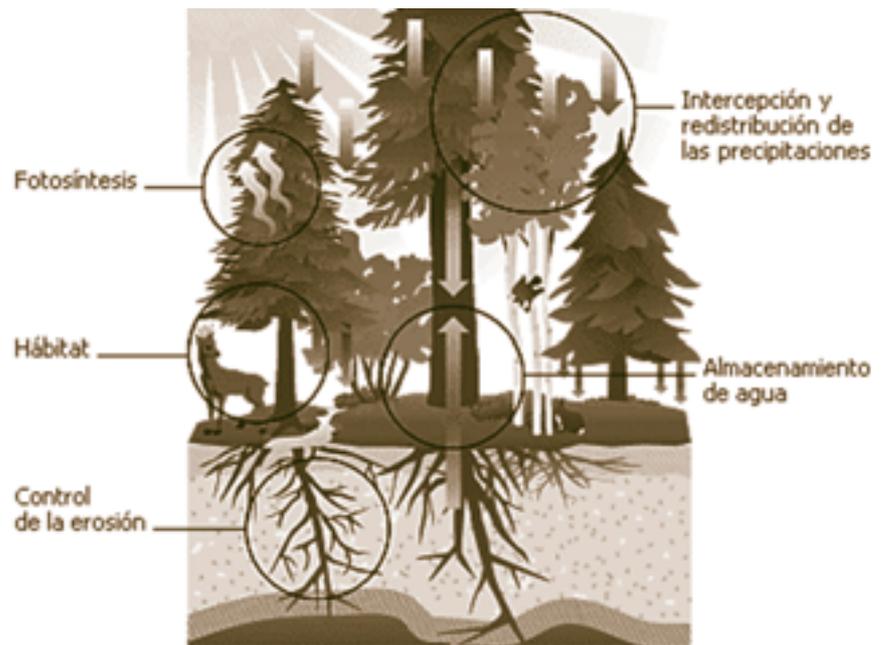


Figura: Encarta (2004).

Figura 1. Importancia del bosque de *P. hartwegii*.



Foto: Tivo (2004).

Figura 2. Árboles de *Pinus hartwegii* de la población del Cofre de Perote.



Foto: Tivo (2004).

Figura 3. Fragmentación de la especie de P. hartwegii por factores antropogénicos y naturales.

Bajo este contexto adquiere una especial relevancia el desarrollo de estudios, que permitan realizar una más adecuada conservación de poblaciones de especies forestales, sobre todo de aquellas poblaciones de gran importancia socioeconómica y ecológica, que como la de *P. hartwegii* se encuentran actualmente seriamente perturbadas (Jasso, 1970; Iglesias *et al.*, 1999; Solís, 2002).

Las poblaciones de *P. hartwegii* poseen un gran valor desde el punto de vista ecológico y socioeconómico. Al respecto Solís (1994) ha indicado que como las poblaciones de esta especie se desarrollan a las mayores elevaciones sobre el nivel del mar, cumplen funciones de protección a otros recursos y amortigua los efectos de contaminación ambiental además de contribuir como regulador del ciclo hidrológico (Figura 1).

Por otra parte los bosques de esta especie resultan una fuente importante de ingresos para la pro-

ducción de celulosa y papel y otros recursos forestales (Solís, 1994) (Figura 2).

Algunas poblaciones naturales de esta especie que se ubican en México entre los paralelos 16°20' a 103°55' de longitud Oeste (Figura 3) se encuentran fragmentadas y aisladas (López *et al.*, 1993).

A su vez *P. hartwegii* es una de las coníferas más vulnerables a los cambios climáticos (Arriaga *et al.*, 2001); de acuerdo con estos autores tal situación conllevaría a una reducción de un 49% de su área de distribución potencial.

En el estado de Veracruz en México, esta especie se presenta como pequeñas poblaciones disjuntas en las localidades Cofre de Perote y Pico de Orizaba (Solís, 2002; Tivo, 2002; Tivo, 2004) a una altura entre los 3500 – 4000 m, sobre un suelo de profundidad media, pedregoso y con poca materia orgánica (Servicio Meteorológico Nacional, 1984).



Figura 4. a) y b) Afectaciones de la población del Cofre de Perote, Veracruz, México.

En particular la población de *P. hartwegii* que se encuentra en esta zona, ha sufrido en los últimos años serias afectaciones por incendios y talas clandestinas que han ocasionado una disminución en el tamaño de la misma (Figura 4).

Es muy probable que en poblaciones pequeñas se produzcan por lo regular un elevado porcentaje de apareamientos entre individuos emparentados, lo cual puede genéticamente conllevar a un incremento de la consanguinidad (homocigosis) y manifestarse el fenómeno de la depresión consanguínea bastante común en especies de coníferas (Williams y Savolainen, 1996).

Es muy común la letalidad embrionaria que generalmente produce semillas vacías; según Griffin y Lindgreen (1985) las coníferas portan en promedio de 8 a 10 letales embrionales.

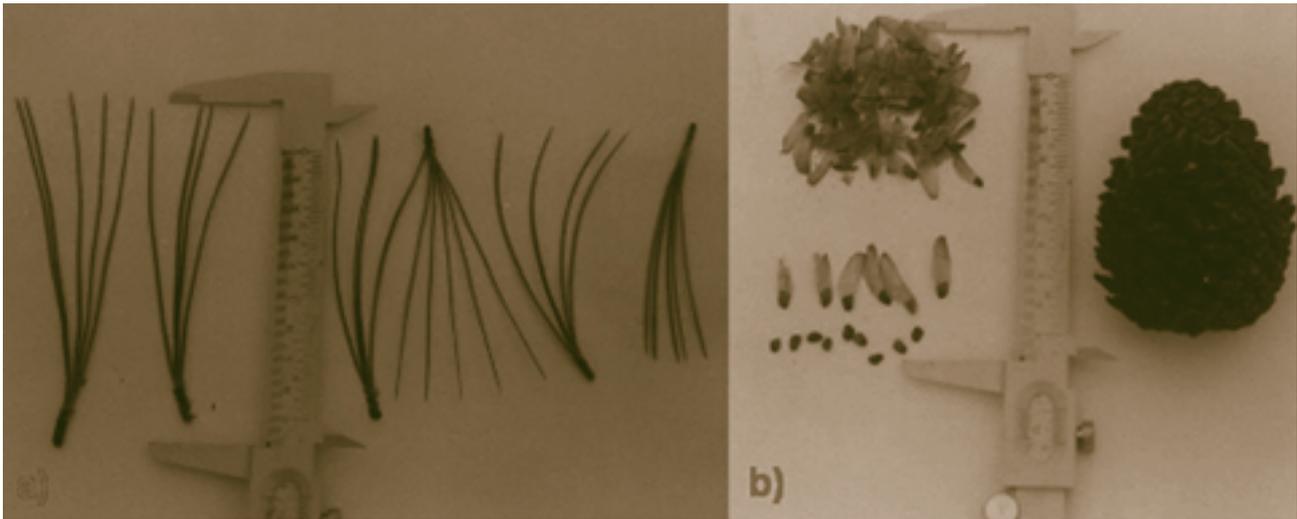
Al igual que otras poblaciones de *P. hartwegii* examinadas (Solís, 2002) la población del Cofre de Perote se caracteriza por presentar un elevado porcentaje de semillas vacías y una baja viabilidad (Iglesias *et al.*, 2001b; Iglesias *et al.*, 2001c; Iglesias y Tivo, 2005) lo que está ocasionando una sensible disminución en su tasa reproductiva (Iglesias *et al.*, 1999).

Sin embargo, pese a la seria problemática reproductiva que presenta ésta y otras poblaciones de esta especie, en México no se han desarrollado hasta la fecha suficientes estudios genéticos que permitan no sólo conocer la dimensión de la problemática reproductiva (Solís, 1994), sino también comprender las causas que está provocando esta seria afectación.

Desde hace algunos años se ha venido desarrollando en el Instituto de Genética Forestal de la Universidad Veracruzana diversos estudios para efectuar la caracterización de la variación intrapoblacional existente en la misma a través del empleo de caracteres silvícolas, morfométricos, citogenéticos, bioquímicos y moleculares.

Los resultados en principio obtenidos en esta población permitieron caracterizar morfométricamente a la población bajo estudio (Figura 5) y constatar la presencia de una variación intra e interpoblacional sustancial en las características morfométricas y silvícolas evaluadas tanto en esta población como en la del Pico de Orizaba (Iglesias *et al.*, 2001c).

Esto era de esperar considerando lo indicado por Ledig (1998) de que el género *Pinus* constituye



Fotos: Iglesias (2001).

Figura 5. a) y b) Características de morfométricas de los fascículos, conos y semillas evaluados en la población del Cofre de Perote.

uno de los organismos genéticamente más variables dada, principalmente, por su historia evolutiva y características ecológicas.

Por otra parte los resultados de los estudios bioquímicos efectuados revelaron (Figura 6) la existencia de un polimorfismo tisular importante

(Iglesias *et al.*, 2002), además de un monomorfismo relativamente elevado en la composición de proteínas totales y algunos sistemas isoenzimáticos, lo que contrasta con la marcada variación detectada en la población de esta especie ubicada en el Pico de Orizaba (Solís, 2002).

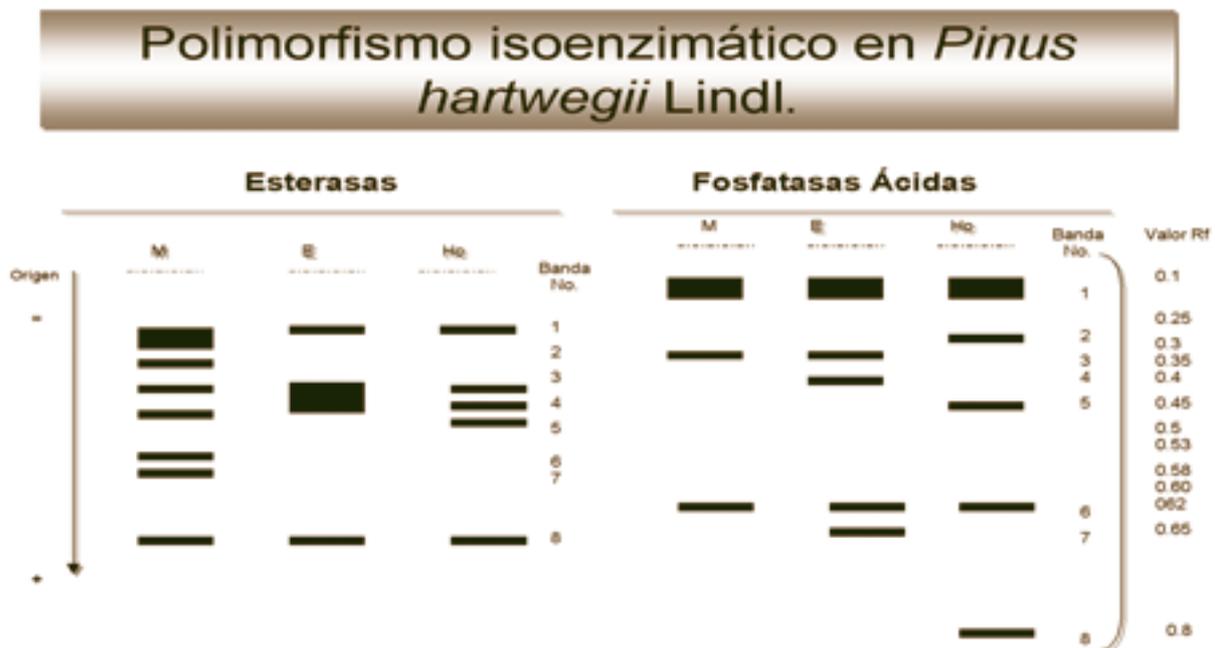


Figura. Iglesias *et al.* (2002)

Figura 6. Zimogramas esterases y fosfatasas ácidas en diferentes tejidos de *P. hartwegii*. Nota: La flecha muestra la dirección de migración hacia el ánodo.

En relación con los estudios moleculares cabe mencionar que se trabaja actualmente para culminar los trabajos de evaluación del polimorfismo molecular en esta población mediante el empleo de marcadores RAPDs (ADN polimórfico al azar).

Con este fin se emplean las modificaciones metodológicas de la técnica propuesta por (Iglesias *et al.*, 2001a) para la obtención de perfiles RAPDs con buena resolución y repetibilidad a partir de megagametofitos colectados de esa población.

De igual forma se continúa con los estudios citogenéticos a fin de detectar posibles aberraciones cromosómicas que puedan contribuir a explicar la seria problemática reproductiva que la misma presenta a partir de resultados previos obtenidos (Tivo, 2002) y se evalúa la utilidad del empleo de bajas dosis de radiaciones ionizantes (^{60}Co) sobre la germinación de las semillas de esta población.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, W.T.; ZUO, J.; SHIMIZU, J.Y. and TAPPENEL, J.C. 1997. Impact of alternative regeneration methods on genetic diversity in coastal Douglas Fir. *For. Sci.* 44(3): 390-396.
- CONAF. 1998. El subsector forestal de México. [En línea] Consejo Técnico Nacional forestal (CONAF) México. [<http://www.semarnap.gob.mx/ssn/pronare/pronare.htm>] [Consultado: Noviembre 16, 1998].
- DORANTES, J. 1996. Políticas para el desarrollo sustentable del sector forestal en Veracruz. SEDAP. Xalapa, Veracruz, México.
- DVORAK, W.; CARSON, S. and RICHARDSON, T. 1996. Practical applications of molecular markers in Mexico and Central America: a case study. North Caroline State University, Forest Research Institute New Zealand.
- GRIFFIN, A.R. and LINDGREEN, D. 1985. Effect of inbreeding on production of filled seed in *Pinus radiata*-experimental results and a model of gene action. *Theor. Appl. Genet.* 71: 334-343.
- GUEVARA, S. 1999. Aspectos medioambientales y de diversidad biológica en México. Cuadernos de Biodiversidad. España. 2: 5-8.
- HERNÁNDEZ, H. 1997. Programa Nacional de Reforestación: Estrategias de corto y mediano plazo (1995-2000). *En:* J. J. Vargas, B. Bermejo y F. Th. Ledig (eds.). *Manejo de Recursos Genéticos Forestales*. Pp: 241-252.
- IGLESIAS, A.L.; ALBA, L.J. y ENRIQUEZ, J.L. 1999. Estrategias para la conservación de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. en la Región del Cofre de Perote, Veracruz. Monte Bravo. Murcia, España. 4-5: 20-22.
- IGLESIAS, A.L.; LUNA, R.M. y LOPEZ, D.R. 2001a. Determinación del método de extracción de ADN óptimo para el desarrollo de la técnica RAPD en megagametofitos de *Pinus hartwegii* Lindl. Resumen en: II Simposio de Recursos Naturales: Agua, Suelo y Bosque. Xalapa, Veracruz, México. Noviembre 17 al 19, 2001.
- IGLESIAS, A.L.; MORA, I.; OCAMPO, V. y HERNÁNDEZ, J. 2001b. Estudio de la viabilidad en semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz. Resumen en: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco, México. Noviembre 7 al 9, 2001.
- IGLESIAS, A.L.; SOLÍS, L. y HERNÁNDEZ, J. 2001c. Estudio de la variación morfométrica en dos poblaciones de *Pinus hartwegii* Lindl. del estado de Veracruz. Resumen en: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco, México. Noviembre 7 al 9, 2001.
- IGLESIAS, A.L.; CRUZ, H. y HERNANDEZ, J. 2002. Estudio del polimorfismo tisular en



- población de *Pinus hartwegii* Lindl del estado de Veracruz. *Foresta Veracruzana*. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. 4(1): 53-57.
- IGLESIAS, A.L. y TIVO, F.Y. 2005. Contribución al manejo de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote. *Agroentorno*. FUNPROVER, Fundación Produce Veracruz. 61(8): 16-17.
- JASSO, J.M. 1970 Altérations des ressources génétiques forestières crues aux interventions de l'homme. *Unasylva* 24 [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/a2173f/a2173f0b.htm>> (consultado: Diciembre 7, 2002).
- LEDIG, F.Th. 1991. The role of genetic diversity in maintaining the global ecosystem. *Acts Proceedings Acts 2*. 10th World Forestry Congress. Paris. France. Pp. 71-77.
- LEDIG, F.Th. 1993. *Secret extinction: The loss of genetic diversity in forest ecosystems*. In: *Our living Legacy: Proceedings of a Symposium on Biological diversity*. FENGER, M.A., MILLER, E.H., JOHNSON, J.A. and WILLIAMS, E.J.R. (Eds.) Victoria, B.C. Royal British Columbia Museum. Pp. 127-140.
- LEDIG, F.Th. 1998. Genetic variation in *Pinus*. In: Richardson, D. M. (ed.) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Pp. 251-280.
- LÓPEZ, J.; JASSO, J.; VARGAS, J. y AYALA, C. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia*. Serie Recursos Naturales Renovables. Montecillo, México. 1(3): 81-95.
- ROMEU, E. 2002. Los Pinos Mexicanos, Récord Mundial de Biodiversidad. [En línea] [http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/pino.html] (Consultado: Diciembre 7, 2002).
- SEGURA, G. 1997. The state of Mexico's forests resources. Management and conservation. Centro de Ecología. UNAM. México. [En línea] [<http://www.semarnap.gob.mx/ssrn/conaf/statfor.htm>] [Consultado: Diciembre 8, 1998].
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN). 1984. Normales Climatológicas. Dirección General de Geografía y Meteorología. México. 799p.
- SOLIS, M.A. 1994. Monografía de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis profesional para obtener el Título de Ingeniero Forestal Universidad Autónoma de Chapingo. División Ciencias Forestales. 130p.
- SOLÍS, R.L. 2002. Contribución al conocimiento de la población de *Pinus hartwegii* Lindley del Pico de Orizaba, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Instituto de Genética Forestal, Xalapa, Veracruz, México. 130p.
- TIVO, F.Y. 2002. Contribución al conocimiento de la población de *Pinus hartwegii* Lindley con propósitos de conservación genética. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela, Veracruz, México. 100p.
- TIVO, F.Y. e IGLESIAS, A.L. 2003a. Establecimiento de una metodología para análisis cromosómico de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote, México. Cuadernos de Biodiversidad. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante, España. Pp. 6-10.
- TIVO, F.Y. 2004. Evaluación del polen de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ecología Forestal. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. 145p.
- WILLIAMS, C.G. and SAVOLAIENEN, O. 1996. Inbreeding depression in conifers: implications for breeding strategy. *For. Sci.* 42: 102-117.