



CONABIO

GOBIERNO
FEDERAL

Citar como:

López Mata, L., I. G. Galván Escobedo. 2011. Extracción de semillas de *Pinus maximartinezii* y sus consecuencias poblacionales. CONABIO. *Biodiversitas*, 98:1-7

NÚM. 98 AGOSTO-SEPTIEMBRE DE 2011

ISSN: 1870-1760

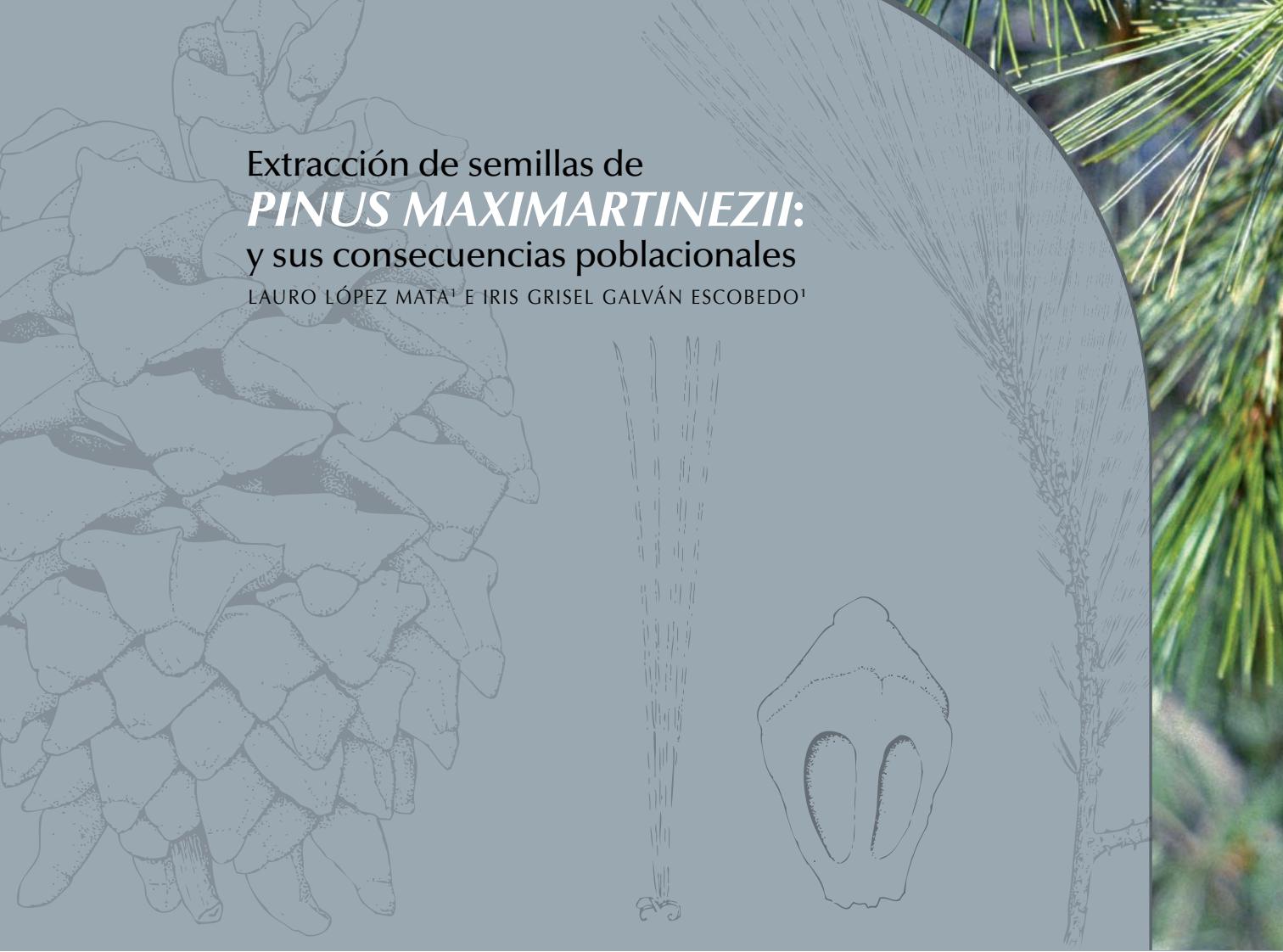
BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL

PINO AZUL

Méjico posee la mayor riqueza de especies del género *Pinus* en el mundo;¹ de las más de cien especies reconocidas, aproximadamente 50% son nativas de México.¹ De esta diversidad, ocho especies y una variedad son raras, endémicas o están amenazadas con su extinción,^{2, 3} y cerca de una docena son pinos piñoneros que producen semillas con nuez comestible y excelente calidad alimenticia.⁴ ^{5, 6} El pino azul, *Pinus maximartinezii* Rzedowski,⁷ es una especie de pino piñonero, endémica, en peligro de extinción, de distribución restringida al Cerro de Piñones (21°20' Ls y 103°14' Lw y altitudes de 1,700 a 2,300 msnm), en la Sierra de Morones, municipio de Juchipila, Zacatecas.





Extracción de semillas de ***PINUS MAXIMARTEZII*:** y sus consecuencias poblacionales

LAURO LÓPEZ MATA¹ E IRIS GRISEL GALVÁN ESCOBEDO¹

Portada:

cono de pino azul
(*Pinus maximartinezii*).

Fotos: © Lauro López Mata

Esta especie se distribuye en suelos calcáreos, rocosos, de buen drenaje y muy secos. El pino azul puede ser abundante en laderas llegando a formar rodales pequeños y fragmentados de una hectárea y raramente rodales más grandes. Los árboles adultos más comunes fluctúan entre 40 y 60 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) con alturas que generalmente no exceden 15 m. Sin embargo, en sitios más húmedos y protegidos en cañadas existen individuos excepcionalmente grandes, con más de 110 cm de DAP.

Las semillas de *P. maximartinezii* pueden medir hasta 25 mm de largo, 12.8 mm de ancho y 10.4 mm de grueso. En la zona se cosecha la semilla para su venta tanto en el mercado local (Pueblo Viejo y Juchipila, Zacatecas) como en el internacional (principalmente Nuevo México, Estados Unidos, y Japón). Un kilo de semilla fresca recién cosechada se vendió a \$260 pesos (USA \$22 dólares, a una tasa de \$12.00 pesos por dólar) en noviembre de 2005. Las semillas de los piñoneros se emplean en el consumo humano y tienen propiedades alimenticias excelentes. Al respecto, López Mata⁸ realizó análisis químicos del contenido de proteínas, aminoácidos y ácidos grasos de la se-

milla de *P. maximartinezii* y los comparó con semillas de otras especies de piñoneros. El cuadro 1 muestra el análisis nutricional de las semillas del pino azul y otras nueve especies de nueces comestibles de pinos piñoneros. En el cuadro 2 se muestra el contenido de 18 aminoácidos, incluyendo a todos los esenciales y seis ácidos grasos diferentes, 84% de ellos insaturados. La nuez del pino azul es de valor dietético sobresaliente y parece ser un recurso promisorio.

En virtud de que los conos se cosechan directamente de los árboles adultos y de que las semillas se venden ilegalmente en el mercado nacional e internacional, es evidente que un elevado porcentaje de cosecha de semillas podría poner en riesgo la regeneración natural de la especie y, por tanto, su viabilidad poblacional para el futuro. Más aún, es bien conocido que para especies de distribución geográfica altamente restringida, con elevada especificidad de hábitat y tamaños poblacionales pequeños, el riesgo de extinción es extremadamente alto debido principalmente tanto a las fluctuaciones impredecibles del ambiente como en las tasas de mortalidad y reproducción las cuales operan independientemente entre los



individuos de la población (estocasticidad ambiental y estocasticidad demográfica, respectivamente) y a la pérdida de variabilidad genética.^{9, 10} Los casos más extremos de aislamiento son aquellos de las especies de las que se conoce tan sólo una pequeña población restringida a una pequeña área de distribución, tal como ocurre para el pino azul (Fig. 1). En muchos casos esas especies son especialmente propicias a la

extinción porque son comercializadas o consumidas por humanos. Tomando en consideración estos puntos de vista, López Mata¹¹ empleó modelos matriciales¹² para evaluar el impacto de la cosecha de semilla y sus consecuencias sobre la dinámica poblacional de *P. maximartinezii*. Las preguntas fundamentales que este investigador respondió fueron: 1. ¿La población del pino azul está declinando, creciendo o es

Figura 1.
Localización geográfica de la única población conocida y rareza endémica, *Pinus maximartinezii* Rzedowski en Juchipila, Zacatecas.

| Species | Proteína (%) | Grasa (%) | Carbohidratos (%) | Fibra (%) | Cenizas (%) | Humedad (%) |
|--------------------------|--------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>P. cembra</i> | 17-18 | 50-59 | 17 | 1.0 | — | — |
| <i>P. cembroides</i> | 19 | 60-65 | 13.8 | 1.8 | 3.2 | 2.7 |
| <i>P. edulis</i> | 14.3 | 61 | 18.1 | 1.1 | 2.7 | 3.0 |
| <i>P. koraiensis</i> | 17-18 | 65-67 | 12 | 4.8 | 2.2 | 4.4 |
| <i>P. maximartinezii</i> | 31.3/65.6* | 42.5 | 2.4 | 8.8 | 4.3 | 5.0 |
| <i>P. monophylla</i> | 9.5 | 23 | 54 | 1.1 | 2.4 | 10.2 |
| <i>P. pinea</i> | 34 | 48 | 6.5 | 1.4 | — | — |
| <i>P. quadrifolia</i> | 11 | 37 | 45 | 1.1 | 2.4 | 4.9 |
| <i>P. sabiniana</i> | 28-30 | 54-57 | 8 | — | — | — |
| <i>P. sibirica</i> | 17 | 60-64 | 12 | — | — | — |

Cuadro 1.
Comparación nutricional de la semilla del pino azul con otras especies de pinos piñoneros comestibles.

* contenido de proteína sin grasa

| Aminoácidos | <i>P. maximartinezii</i> g/16 g N ¹ | <i>P. maximartinezii</i> g/100 g ² | FAO/OMS g/16 g N ¹ |
|----------------------------|---|--|----------------------------------|
| Metionina* | 1.95 | 1.27 | 2.5 |
| Triptofano* | 0.57 | 0.37 | 1.1 |
| Lisina* | 2.64 | 1.73 | 5.8 |
| Leucina* | 9.18 | 6.01 | 6.6 |
| Isoleucina* | 4.41 | 2.89 | 2.8 |
| Fenilalanina* ³ | 2.88 | 1.88 | |
| Valina* | 4.60 | 3.02 | 3.5 |
| Treonina* | 2.16 | 1.41 | 3.4 |
| Histidina* | 2.06 | 1.35 | — |
| Cisteina | 1.80 | 1.18 | — |
| Tirosina | 4.22 | 2.76 | 6.3 |
| Aromáticos totales | 7.10 | 4.64 | — |
| Sulfurados totales | 3.75 | 2.45 | — |
| Ácido aspártico | 10.43 | 6.83 | — |
| Ácido glutámico | 10.75 | 7.05 | — |
| Glicina + alanina | 9.26 | 6.07 | — |
| Prolina | 2.78 | 1.82 | — |
| Serina | 5.66 | 3.71 | — |
| Arginina* | 16.73 | 10.96 | — |

Cuadro 2. Composición de aminoácidos de proteínas totales contenidos en semillas (nueces) de *Pinus maximartinezii*

* Aminoácidos esenciales.

³ Aminoácidos aromáticos.

¹ Gramos por 16 gramos de nitrógeno.

² Gramos por 100 gramos de muestra.

estable?, y 2. bajo los niveles actuales de extracción de semilla, ¿qué tasas vitales (supervivencia, crecimiento o reproducción) deberían ser prioritarias en la elaboración de una estrategia de conservación de *P. maximartinezii*? El objetivo de esa investigación fue evaluar el estatus demográfico y la tasa de crecimiento poblacional (λ) de *P. maximartinezii*, así como determinar los efectos de diferentes tasas de extracción de semillas sobre la tasa de crecimiento poblacional (λ) e identificar bajo diferentes escenarios de extracción de semillas aquellas tasas vitales que tienen más impacto sobre la tasa de crecimiento poblacional.

Los análisis demográficos llevados a cabo para la población del pino azul indican que su tasa de crecimiento poblacional es alta ($\lambda = 1.12$), su población está en crecimiento y es relativamente insensible a la cosecha progresiva de semilla. La figura 2 muestra los cambios de la tasa de incremento poblacional (λ) bajo diferentes regímenes de cosecha de semilla (●). Es notorio que bajo cualquier escenario de extracción de semillas (●), las proyecciones matriciales indican que su población permanece con tasas de crecimiento mayores de 1. Estos resultados sugieren que se pueden sostener porcentajes extremadamente altos de extracción de semillas de la población sin que se reduzca sustancialmente su tasa de crecimiento poblacional. La figura 2 muestra también el efecto de la permanencia en una misma categoría de tamaño,

de árboles juveniles prereproductivos, adultos en su primera reproducción y de los árboles adultos más grandes sobre la tasa de crecimiento poblacional. Es evidente que el efecto combinado de la cosecha de semillas, la muerte de árboles justo antes de su primera reproducción (a_{44}), la muerte de árboles en su primera reproducción y la muerte de los árboles adultos más grandes (■) tienen el efecto perjudicial más alto sobre la tasa de crecimiento poblacional de la especie (Fig. 2). Estos resultados sugieren que una buena estrategia de conservación del pino azul debería enfocarse en el mejoramiento de la supervivencia de juveniles y adultos durante sus primeros eventos reproductivos y sobre los adultos grandes, así como sobre la protección del hábitat donde esta rareza endémica ocurre.

Conclusiones

Las proyecciones matriciales que imitan niveles de cosecha de semilla variables sostienen que ésta no parece poner en peligro la estabilidad demográfica de la especie. El uso y consumo de semillas, *per se*, puede ser considerado sostenible, dado que la población no declina por debajo del equilibrio como resultado de cualquier régimen de cosecha de semilla. Sin embargo, se debe proceder con cautela cuando se realicen decisiones de manejo y/o conservación de la especie. El manejo adecuado de



En la sierra de Morones en Zacatecas se encuentra la única población conocida de *Pinus maximartinezii*.



| Ácidos grasos | Peso seco de la nuez (%) |
|-------------------------------|--------------------------|
| Palmítico, C _{16:0} | 8.74 |
| Esteárico, C _{18:0} | 3.97 |
| Oleico, C _{18:1} | 31.35 |
| Linoleico, C _{18:2} | 52.27 |
| Araquidico, C _{20:0} | 0.47 |
| Behenico, C _{22:0} | 0.40 |
| Mayores de C ₂₀ | 2.80 |
| Total de Saturados | 16.38 |
| Total de Insaturados | 83.62 |

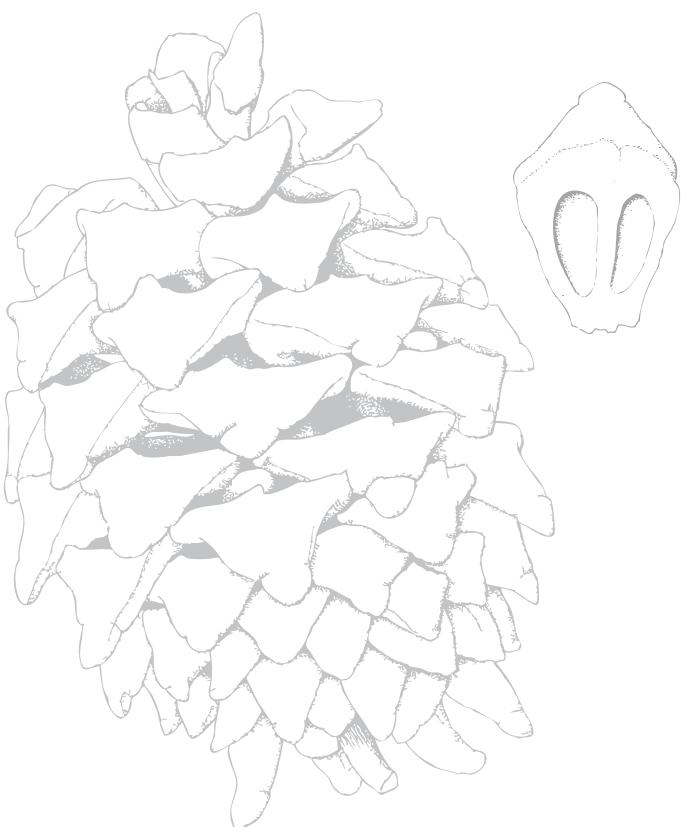
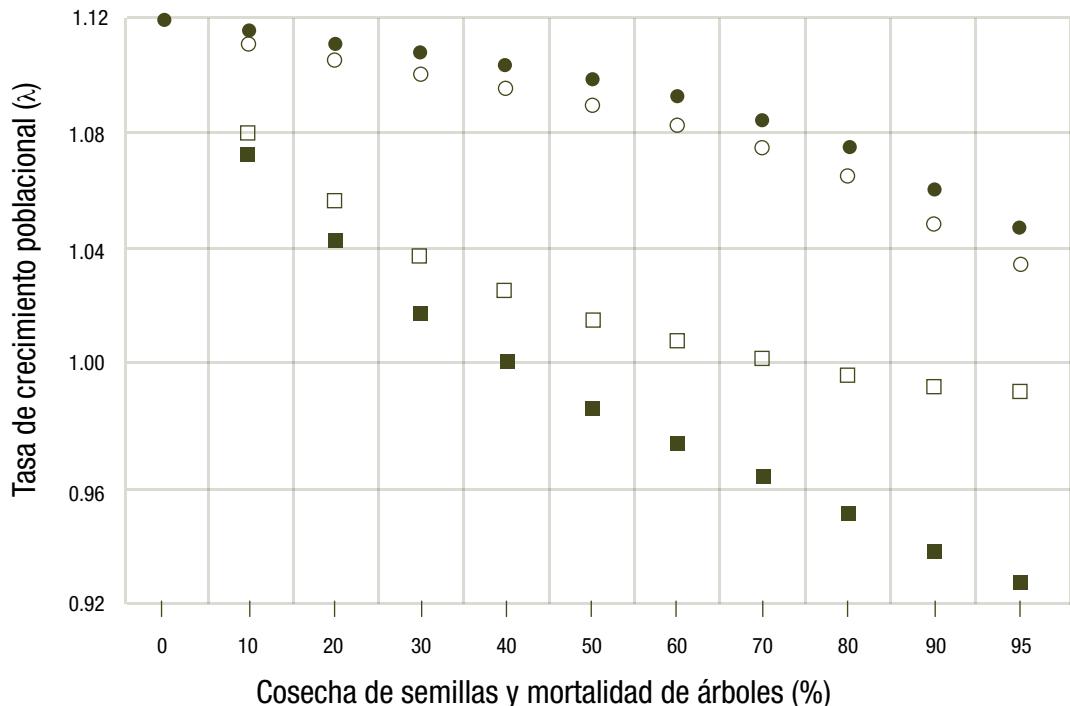
Cuadro 3. Composición de ácidos grasos saturados e insaturados en la semilla de *Pinus maximartinezii*

P. maximartinezii requiere una perspectiva integral que contemple factores, sociales, políticos y económicos. El hábitat del pino azul se encuentra seriamente amenazado por la creciente erosión del suelo debido al pastoreo y a los incendios inducidos. Las actividades agrícolas son escasas y no representan un serio problema para la especie bajo las actuales condiciones. Los incendios inducidos limitan el crecimiento del bosque de *P. maximartinezii*. Todos los rodales observados mostraron evidencias de incendios ocurridos en el pasado. Los lugareños afirman que hace no más de cincuenta años el bosque de *P. maximartinezii* estaba mucho más extendido

dentro de la zona de distribución natural. La información recabada *in situ* indica que la distribución natural de la especie es muy restringida y que nunca se ha extendido más allá de los límites actuales de distribución. Los incendios, el apacentamiento de ganado vacuno y el uso de la madera de esta especie para fines de construcción y leña contribuyen también a limitar el crecimiento del bosque bajo condiciones naturales.

Aunque la población de *P. maximartinezii* está creciendo, los efectos de la baja diversidad genética pueden ser dañinos en el largo plazo debido al potencial que tiene la endogamia para exponer genes deletéreos.

Figura 2. Tasas de crecimiento poblacional (λ) de la población observada en La Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas, y decremento en λ para *Pinus maximartinezii* después de distintos porcentajes de cosecha de semilla y mortalidad de árboles (i.e. extracción de: • = porcentaje de semillas cosechadas; ° = semillas cosechadas (%) y muerte de árboles grandes (a_{gg}); ■ = semillas, muerte de árboles juveniles pre-reproductivos (a_{44}) y muerte de árboles en su primera reproducción (a_{55}); y □ = semillas, $a_{44'}$, a_{55} y $a_{gg'}$; combinación de todos los anteriores).



La población del pino azul puede ser vulnerable a efectos genéticos deletéreos porque la tasa a la cual la variabilidad genética se pierde depende del número efectivo de árboles maduros en la población.⁹ El número efectivo de adultos es primordial para entender la magnitud de los efectos genéticos perjudiciales y es, por lo tanto, un parámetro clave en el diseño de estrategias de conservación y manejo de la especie. Sin embargo, desde el punto de vista demográfico, una estrategia importante de conservación de esta especie debe incluir la protección de árboles juveniles y adultos en su primera reproducción, y la de los adultos más longevos ya que estos estados resultaron ser los más importantes para el mantenimiento de la población. Las prácticas de conservación deben evitar el sobrepastoreo en áreas seleccionadas para estimular la supervivencia y crecimiento de plántulas y árboles juveniles.

Pinus maximartinezii es una especie rara, endémica y su categoría dentro del sistema nacional de áreas prioritarias no debe cambiarse. El pino azul a pesar de exhibir crecimiento demográfico bajo extracciones elevadas de cosecha de semilla y mostrar que su población en las actuales circunstancias tiene el potencial para incrementarse, es una especie muy restringida a su área de distribución; sus rodales son escasos, esparcidos y contienen un número de individuos relativamente bajos. Por estas razones, sugerimos que su estatus “en peligro de extinción” no debe modificarse de la Norma Oficial Mexicana vigente.³



Bibliografía

- ¹ Farjon A., y B.T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae)", en *Flora Neotropica* vol. 75. The New York Botanical Garden, New York, pp. 221-224.
- ² Perry, J.P. 1991. *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press, Portland.
- ³ SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010:48-78.
- ⁴ Botkin, C.W., y L.B. Shires. 1948. "The Composition and Value of Pinon Nuts", en *New Mexico Agriculture Experimental Station Bulletin* 344:3-14.
- ⁵ Duke, J.A., y A.A. Atchley. 1986. *crc Handbook of Proximate Analysis Tables of Higher Plants*. crc Press, Boca Raton.
- ⁶ Duke, J.A. 1989. *CRC Handbook of Nuts*. crc Press, Boca Raton.
- ⁷ Rzedowski, J. 1964. "Una nueva especie de pino piñonero del Estado de Zacatecas (Méjico)", en *Ciencia* 23:17-20.
- ⁸ López Mata, L. 2001. "Proteins, Amino Acids and Fatty Acids Composition of Nuts from the Mexican Endemic Rarity, *Pinus maximartinezii*, and Its Conservation Implications", en *Interciencia* 26:606-610.
- ⁹ Ledig, F.T., M.T. Conkle, B. Bermejo Velázquez, T. Eguiluz-Piedra, P.D. Hodgskiss, D.R. Jonson y W.S. Dvorak. 1999. "Evidence for an Extreme Bottleneck in a Rare Mexican Pinon: Genetic Diversity, Disequilibrium, and Mating System in *Pinus maximartinezii*", en *Evolution* 53:91-93.
- ¹⁰ Groom, M.J., G.K. Meffe y C.R. Carroll. 2005 (3^a ed.). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associated, Sunderland.
- ¹¹ López Mata, L. 2011. "The Impact of Seed Extraction on the Population Dynamics of *Pinus maximartinezii* [sometido a *Acta Oecologica*].
- ¹² Crone, E.E., E.S. Menges, M.M. Ellis, T. Bell, P. Bierzychudek, J. Ehrlén, T.N. Kaye, T.M. Knight, P. Lesica, W.F. Morris, G. Oostermeijer, P.F. Quintana Ascencio, A. Stanley, T. Ticktin, T. Valverde, y J.L. Williams. 2011. "How Do Plant Ecologists Use Matrix Population Models?", en *Ecology Letters* 14:1-8

Rodal fragmentado de pino azul en la Sierra de Morones, Juchipila, Zacatecas.

¹ Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.
lauroplopezmata@gmail.com
sirigales@gmail.com