Revista Mexicana de Biodiversidad

Revista Mexicana de Biodiversidad 89 (2018): 938 - 949

Manejo y aprovechamiento de recursos

Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México

*Assessment of the extinction risk category of the red cedar (*Cedrela odorata*) in Mexico*

Carlos Alberto Ruiz-Jiménez [a, *], Héctor Manuel De los Santos-Posadas [b], José F. Parraguirre-Lezama [c] y Fabiola Dafne Saavedra-Millán [d]

[a] *Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Puebla, México*
[b] *Departamento Forestal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 carretera México-Texcoco, 56320 Montecillo, Estado de México, México*
[c] *Escuela de Ingeniería Agroforestal, Campus Tetela, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida Universidad s/n, Barrio Benito Juárez, 73640 Tetela de Ocampo, Puebla, México*
[d] *Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-399, 04510 Ciudad de México, México*

*Autor para correspondencia: carlos.ruiz.buap@gmail.com (C.A. Ruiz-Jiménez)

Recibido: 17 marzo 2017; Aceptado: 6 febrero 2018

Resumen

Cedrela odorata es una especie neotropical, protegida por CITES y la UICN. Desde 2011, en México se considera como especie sujeta a protección especial (Pr, NOM-059-Semarnat-2010) (Semarnat, 2010a). Se realizó la evaluación de la categoría de riesgo de extinción de *C. odorata* para México mediante el método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER, anexo II). Se elaboró y depuró una base de datos de la distribución geográfica para el país constituida por 1,388 registros únicos; con base en ésta y en información acerca de la biología de la especie, se calculó el puntaje de acuerdo con el MER. El valor obtenido fue 0.87 y el valor del criterio D de 0.5. La inclusión de una especie en la categoría sujeta a protección especial (Pr) requiere un valor calculado como: *a)* ≥ 1.5 y < 1.7, *b)* ≥ 1 y < 1.5 y que la Σ del criterio D sea ≥ 0.3. Nuestros resultados indican que *C. odorata* no cumple con el puntaje requerido para ser incluida en alguna de las categorías de riesgo que propone la NOM-059 (Semarnat, 2010a).

Palabras clave: Cedrela odorata; Cedro rojo; Método MER; Categoría de riesgo; Especie protegida

Abstract

Cedrela odorata is a neotropical species protected by CITES and IUCN. It is considered a species Subject to Special Protection (Pr) in Mexico since 2011 (NOM-059-Semarnat-2010) (Semarnat, 2010a). The *Cedrela odorata´*s extintion risk category assesment for Mexico was arrived at using the Wildlife Extinction Risk Assesment Method in Mexico (MER, Annex II). A database for geographical distribution of the species in the country, made up of 1,388 single records, was prepared and refined. Based on this database and information about the biology of the species, the score was calculated according to the MER method. The value obtained was 0.87 and the value of criterion D was 0.5. The inclusion of a species in the category subject to special protection (Pr) requires a calculated value: *a)* ≥ 1.5 and < 1.7, *b)* ≥ 1 and < 1.5 where the Σ of criterion D should be ≥ 0.3. Our results indicate that *Cedrela odorata* does

ISSN versión electrónica: 2007-8706; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (4.0) https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

not meet the required score to be included in any of the risk categories proposed by the NOM-059 (Semarnat, 2010a).

Keywords: Cedrela odorata; Red Cedar; MER method; Risk category; Protected species

Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una especie nativa de América tropical, se distribuye de manera natural desde el norte de México (aproximadamente en el paralelo 26° N) hasta el norte de Argentina (paralelo 28° S), incluyendo las islas del Caribe (Cintrón, 1990; Vázquez-Yanes et al., 1999). Históricamente fue una especie muy abundante en la vegetación secundaria de diversos bosques tropicales (caducifolio, subcaducifolio, perennifolio y subperennifolio) y en la vegetación primaria de bosques templados (bosque de pino, pino-encino y mesófilo de montaña) de nuestro país.

Dentro del territorio nacional, su distribución geográfica comprende ambas vertientes oceánicas; en la vertiente del golfo se halla ubicada desde el sur de Tamaulipas, sureste de San Luis Potosí, la región de las huastecas, Veracruz, Tabasco y la península de Yucatán; en la del Pacífico se distribuye desde Sinaloa hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005; Vázquez-Yanes et al., 1999). Históricamente en México, el cedro rojo ha sido una especie de alto valor económico, aprovechada y propagada por el hombre; su utilidad ha sido muy variable, desde uso artesanal (madera y frutos), elaboración de implementos agrícolas (madera), medicinal (hojas, raíz, corteza, semilla, tallo y exudado), melífera (flores), ornato (el árbol en parques y áreas verdes), entre otros.

Su madera es considerada como fina y preciosa, se utiliza por su alta calidad en la fabricación de muebles de lujo, artículos torneados, chapa y ebanistería (Morales-Ortíz y Herrera-Tuz, 2009); en el campo se utiliza en la construcción, como combustible (leña), como sombra en potreros, cafetales y plantaciones de cacao (Cintron, 1990). Actualmente, después de la caoba es la especie maderable más importante de la industria forestal en el país (Pennington y Sarukhán, 2005; Semarnat 2010b, 2011, 2012, 2013). Debido a la calidad de la madera del cedro rojo, los individuos de esta especie se ha cortado selectivamente en bosques naturales desde hace 250 años para usos locales y para exportación (CITES, 2007), los árboles de gran diámetro y fuste recto actualmente son escasos en estas poblaciones.

A fines del año 2010 se publica la actualización de la NOM-059 y por primera vez se incluye a *Cedrela odorata* dentro de la lista de especies protegidas; se incorpora dentro de la categoría: sujeta a protección especial (Pr), que incluye a "Aquellas especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas" (Semarnat, 2010a).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera al cedro rojo en la categoría de vulnerable (VU), es decir un taxón que enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre en el mediano plazo o en un futuro cercano.

A partir de febrero de 2011, para realizar cualquier tipo de aprovechamiento de cedro rojo, sean ejemplares, partes y derivados de la planta, se debe de cumplir con una serie de procedimientos incluidos en la legislación actual. Éstos incluyen la obtención de permisos en los que se deben anexar los estudios poblacionales, muestreos (indicando la abundancia relativa) y las especificaciones sobre los programas, proyectos o actividades de restauración, recuperación, repoblación, reintroducción y vigilancia; incluso en algunos casos, los permisos para el establecimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA´s de tipo extractivo). Sin embargo, su aprovechamiento de manera legal continúa, mediante planes de manejo forestal maderable y dentro de un quinquenio entrarán en producción plantaciones forestales comerciales establecidas entre 2000-2001 con esta especie.

Los cambios en la legislación sobre especies en riesgo requieren que para incluir o excluir cualquier especie es necesario basarse en el método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER) (Semarnat, 2010a) aplicado exclusivamente para plantas (anexo II). En este estudio se aplica esta metodología al cedro rojo ya que su inclusión en la NOM-Semarnat-059 no ha sido del todo clara y ha originado problemas para propietarios y plantadores con interés en aprovechar y propagar cedro rojo.

Materiales y métodos

Cedrela odorata L. es una planta con flor que pertenece a la familia Meliaceae; el nombre común más utilizado en México es cedro rojo. Son árboles de hasta 35 (40) m de alto con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de hasta 1.7 m, crecimiento monopódico, corteza externa longitudinalmente fisurada (grisácea a café rojiza), corteza interna rosada a pardo amarillenta, fibrosa, con olor intenso a ajo, ramas jóvenes café a grisáceas, glabras o finamente pubescentes, con lenticelas redondeadas;

https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

hojas dispuestas en espiral, deciduas, generalmente paripinadas, foliolos opuestos o alternos, margen entero, ápice acuminado, base aguda, generalmente glabros; flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia, panículas terminales, finamente pubescentes; flores blanco-verdosas, aromáticas, actinomórficas, flores masculinas (estaminadas) con cinco estambres, libres, flores femeninas (pistiladas) con ovario globoso y estaminodios conspicuos; florece de mayo a agosto; infrutescencias péndulas, frutos en cápsulas leñosas, globosas, obovoides o elipsoides, color café grisáceo con lenticelas blancas evidentes, semillas elipsoidales, aladas. Fructifica de marzo a abril. (Calderón y Germán-Rodríguez, 1993; Germán-Ramírez, 2005, 2007; Pennington y Sarukhán, 2005).

Se realizó una búsqueda exhaustiva de estudios (artículos, tesis, fichas, etc.) relacionados con la biología de *Cedrela odorata*; simultáneamente, se elaboró una base de datos de la distribución geográfica de *C. odorata* en México a partir de la consulta de información hemerográfica, ejemplares depositados en herbarios y bases de datos de proyectos institucionales.

Se revisaron las colecciones de los siguientes herbarios: Herbario Nacional de México, UNAM (MEXU), Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB), Herbarios del Instituto de Ecología A.C. en Xalapa (XAL) y en Pátzcuaro (IEB), Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCME), Herbario-Hortorio de la rama de Botánica del Colegio de Postgraduados (CHAPA), Herbario del Departamento de Bosques de la Universidad Autónoma de Chapingo (CHAPA), Herbario Nacional Forestal (INIF) y el Herbario de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

Se tomaron los registros de las siguientes bases de datos: *a)* Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), constituida por varias bases de datos generadas en diferentes proyectos patrocinados por Conabio, *b)* Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) (2004-2009 y 2009-2014), *c)* la base de datos del proyecto "Evaluación de la diversidad genética de *Cedrela odorata* L. mediante marcadores moleculares" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La base de datos se depuró eliminando registros repetidos, registros con errores de georeferencia y registros de la especie como planta cultivada, en huertos y plantaciones. A partir de la base de datos de la distribución del cedro rojo en México se realizó la evaluación de la categoría de riesgo de extinción siguiendo los lineamientos marcados en el anexo normativo II del MER (Semarnat, 2010a) aplicado exclusivamente para plantas.

El método se fundamenta en 2 índices, el índice de rareza (IR) y el índice de impacto antropogénico (IIA), ambos incluyen criterios independientes, que se ponderan asignando valores ascendentes de riesgo los cuales se suman para obtener una evaluación acumulativa de riesgo (tabla 1).

El IR incluye la evaluación de 3 criterios: las características de la distribución geográfica, las características del hábitat y la vulnerabilidad biológica intrínseca de la especie (considera las propiedades demográficas, genéticas y las interacciones bióticas especializadas [tabla 1]). El IIA se determina con el criterio D, que evalúa el impacto de la actividad humana sobre el hábitat del taxón, su uso y tipo de propagación (tabla 1). Cada uno de los criterios contenidos en los 2 índices (IR e IIA) tiene la misma ponderación, siendo el valor máximo de cada uno de ellos igual a 1 y se obtiene

Tabla 1
Anexo normativo II del método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres en México MER (Semarnat, 2010a).

Índice de rareza	
Criterio A. Características de la distribución geográfica	1) Extensión de la distribución en relación a la superficie nacional, el porcentaje se determina considerando la extensión territorial de los tipos de vegetación en el país en un mapa escala 1:4,000,000.
	2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes (puntos de 3 mm de diámetro discernibles en un mapa a una escala 1:4,000,000.
	3) Número de provincias biogeográficas en las que se encuentra el taxón o que abarcaba su distribución histórica, utilizando el mapa de "provincias biogeográficas de México", escala 1:4,000,000 (Conabio, 1997).
	4) Representatividad de la distribución del taxón en el territorio mexicano, en relación con la distribución geográfica general de la especie (distribución periférica o extralimital o no periférica).
Criterio B. Características del hábitat	1) Número de tipos de vegetación en los que se presenta la especie de acuerdo con el mapa de "vegetación potencial de Rzedowski" escala 1:4,000,000 (Rzedowski, 1990).
	2) Presencia del taxón en un hábitat especializado permanente (por ejemplo, endemismo edáfico).
	3) Dependencia del taxón de hábitat primario.

Tabla 1. Continuación...

Índice de rareza	
	4) Dependencia del taxón de regímenes de perturbación particular o asociación a etapas transitorias en la sucesión ecológica.
	5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón.
Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca	C-1. Demografía.
	1) Número total de individuos (si no se tienen estimaciones asignar un valor de 0).
	2) Reclutamiento (si no se tienen estimaciones asignar un valor de 0).
	3) Atributos demográficos (si no se tienen estimaciones asignar un valor de 0).
	Evidencia de densodependencia en la reproducción.
	Presencia de clonalidad (capacidad de generar nuevos individuos independientes por medio de reproducción asexual).
	Evidencia de decrecimiento de las poblaciones en el país.
	Evidencia de varianza de fecundidad grande.
	Taxón dioico, individuos dicógamos o autocompatibles.
	Floración sincrónica o gregaria.
	Producción de propágulos por el taxón.
	C-2. Genética (si no se tienen estimaciones asignar un valor de 0). Si se cuenta con información molecular se evalúan los criterios 1 y 2, de lo contrario los criterios 3 y 4 por estimaciones indirectas.
	1) Cantidad de variación molecular (heterocigosis).
	2) Estructura genética molecular (Fst, Gst, proporción de la variación genética encontrada entre las poblaciones).
	3) Cantidad de variación genética (estimada indirectamente mediante otros caracteres), e.g., la variación en caracteres morfológicos, susceptibilidad a patógenos, etc.
	4) Nivel de diferenciación entre poblaciones estimada indirectamente mediante otros caracteres), se puede usar el grado de diferenciación fenotípica (morfológica, fisiológica, de susceptibilidad a patógenos, etc.).
	C-3. Interacciones bióticas especializadas (si no existe información asignar un valor de 0).
	1) Requerimiento de nodriza para el establecimiento del taxón.
	2) Requerimiento del taxón de un hospedero o forofito específico.
	3) Requerimiento del taxón de un polinizador específico.
	4) Requerimiento del taxón de un dispersor específico.
	5) Presencia de mirmecofilia obligada.
	6) Dependencia estricta de micorrizas.
	7) Afectación del taxón por depredadores, patógenos, competencia (especies invasoras).
Índice de impacto antropogénico	
Criterio D. Impacto de la actividad humana	1) Relación del taxón con la alteración antrópica del hábitat.
	2) Nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón (intensidad y extensión de fragmentación, modificación, destrucción, urbanización, pastoreo o contaminación del hábitat).
	3) Existe evidencia (mediciones, modelos o predicciones) que indiquen un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales (e.g., sensibilidad a cambio climático o cambio drástico del uso del suelo).
	4) Impacto del uso sobre el taxón (intensidad y extensión de uso, extracción, cosecha de propágulos o la remoción de parte de la biomasa de un individuo).
	5) El taxón es cultivado o propagado *ex situ* (a nivel nacional o internacional).

https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

mediante una normalización del puntaje máximo del criterio. Las categorías de riesgo se establecen de acuerdo con el puntaje obtenido en el cálculo del índice MER y vías directas particulares de algún criterio calculado (tabla 2); jerárquicamente, las categorías de riesgo son: en peligro de extinción (P), amenazada (A) y sujeta a protección especial (Pr) (Semarnat, 2010).

Resultados

Se construyó una base de datos de la distribución geográfica de *Cedrela odorata* en México, con un total de 2,307 registros; después de la depuración de la base de datos en la que se eliminaron 919 registros repetidos, con errores de referencia geográfica y registros donde se clasifica o identifica a la especie como planta cultivada (en huertos y plantaciones). La base de datos de distribución de *Cedrela odorata* quedó constituida por un total de 1,388 registros únicos localizados en 22 estados del país.

De acuerdo con el anexo normativo II del índice MER en la NOM-059-Semarnat-2010 (Semarnat, 2010a), se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los criterios (tabla 3).

Para el índice de rareza, criterio A, características de la distribución geográfica se obtuvieron los siguientes valores: *1)* extensión de la distribución*:* el porcentaje de la superficie nacional se obtuvo considerando la superficie de los tipos de vegetación en los que coinciden las localidades de colecta de la especie; se utilizaron 4 mapas digitales de uso de suelo y vegetación de 3 diferentes escalas (tabla 4). La extensión de distribución calculada presentó un intervalo de 9.80 a 27.47 % de la superficie nacional, considerando exclusivamente la distribución dentro de tipos de vegetación (excluyendo hábitats no adecuados) el intervalo de distribución va de 5.58 a 18.57%; de acuerdo al MER, los 4 casos corresponden con el inciso "d" que considera un intervalo mayor de 5% y menor o igual al 40 % del territorio nacional, por lo que se le asigna un valor de 1 punto; *2)* número de poblaciones o localidades conocidas existentes: en un mapa de escala 1: 4,000,000 se pueden distinguir claramente 815 localidades, coincidentes con el apartado "d" que considera un número mayor o igual que 26, asignando un valor de 0 puntos (fig. 1); *3)* número de provincias biogeográficas en las que se encuentra el taxón: conforme al mapa de provincias biogeográficas de México (Conabio, 1997), las localidades de colecta coinciden con 14 diferentes provincias biogeográficas (Altiplano sur (Zacatecano-Potosino), Costa del Pacífico, Depresión del Balsas, Eje volcánico, Golfo de México, Los Altos de Chiapas, Oaxaca, Petén, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Soconusco, Sonorense y Yucatán). El valor asignado es de 0 puntos correspondiente al inciso "d" (mayor o igual que 6 provincias); *4*) representatividad de la distribución del taxón en el territorio mexicano: *Cedrela odorata* es una especie neotropical cuya distribución más septentrional corresponde al norte de México y su límite meridional es el norte de Argentina (incluyendo las islas del Caribe), por lo que su distribución para México es considerada como no periférica o extralimital y el valor asignado es de 0 puntos.

Como valor resultante para el criterio A del índice de rareza, el puntaje total es de 0.09 (1/11).

Para el criterio B del índice de rareza, características del hábitat, se encontraron los siguientes valores: *1)* número de tipos de vegetación en los que se distribuye la especie: de acuerdo con el mapa de la vegetación potencial de México (Rzedowski, 1990), las localidades de colecta coinciden con 9 diferentes tipos de vegetación (bosque de coníferas

Tabla 2
Establecimiento de categorías de riesgo mediante el anexo normativo II del método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres de plantas en México MER. (Semarnat, 2010a).

Categoría de riesgo	Puntaje obtenido
En peligro de extinción (P)	a) ≥ 2 Vías directas: I. Cuando en las características de la distribución geográfica, el área de distribución sea ≤ 1 km^2; II. Cuando demográficamente, el número total de individuos sea ≤ 500; III. Cuando el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón, el hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes; IV. Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor; y que además la sumatoria del criterio D sea > 0.4.
Amenazada (A)	>1.7 y <2 c) Vías directa: Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor, y que la sumatoria del criterio D sea > 0.3 y < 0.4.
Sujetas a protección especial (Pr)	a) ≥ 1.5 y <1.7 ≥1 y <1.5 y que la sumatoria del criterio D sea ≥ 0.3

Tabla 3
Valores obtenidos para *Cedrela odorata* para el anexo normativo II del método de evaluación de riesgo de extinción de las especies silvestres en México MER (Semarnat, 2010a).

Índice de rareza	
Criterio A. Características de la distribución geográfica	
1) Extensión de la distribución	d) >5 a ≤ 40% del territorio nacional = 1
2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes	d) ≥ que 26 = 0
3) Número de provincias biogeográficas	d) ≥ que 6 = 0
4) Representatividad de la distribución del taxón en el territorio mexicano	b) Distribución no periférica o extralimital = 0
Subtotal = suma del puntaje obtenido / 11	Subtotal = 1 / 11= 0.09
Criterio B. Características del hábitat	
1) Número de tipos de vegetación	d) ≥ 4 = 0
2) Presencia del taxón en un hábitat especializado permanente	b) No = 0
3) Dependencia del taxón de hábitat primario	b) No = 0
4) Dependencia del taxón de regímenes de perturbación particular o asociación a etapas transitorias en la sucesión ecológica	a) Si = 1
5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón	≥ 1000 m = 0
Subtotal = suma del puntaje obtenido / 9	Subtotal = 1 / 9 = 0.11
Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca	
C-1. Demografía.	
1) Número total de individuos	No existen estimaciones = 0
2) Reclutamiento	No existe información = 0
3) Atributos demográficos	
a) Evidencia de densodependencia en la reproducción	No existe información = 0
b) Presencia de clonalidad	No = 1
c) Evidencia de decrecimiento de las poblaciones en el país	Sí existe información = 1
d) Evidencia de varianza de fecundidad grande	No existe información = 0
e) Taxón Dioico, individuos dicógamos o autocompatibles	No = 0
f) Floración sincrónica o gregaria	No = 0
g) Producción de propágulos por el taxón	No = 0
	Subtotal = 2
C-2. Genética	Si se cuenta con información molecular se evalúan los criterios 1 y 2, de lo contrario los criterios 3 y 4 por estimaciones indirectas
1) Cantidad de Variación molecular (heterocigosis).	a) Baja (= 10%) = 1
2) Estructura genética molecular (Fst, Gst, proporción de la variación genética encontrada entre las poblaciones).	a) Baja (= 20%) = 0
3) Cantidad de variación genética (estimada indirectamente mediante otros caracteres)	No aplica
4) Nivel de diferenciación entre poblaciones estimada indirectamente mediante otros caracteres),	No aplica
Subtotal = suma del puntaje obtenido	Subtotal = 1
C-3. Interacciones bióticas especializadas	
1) Requerimiento de nodriza para el establecimiento del taxón	a) No = 0
2) Requerimiento del taxón de un hospedero o forofito específico	a) No = 0
3) Requerimiento del taxón de un polinizador específico	a) No = 0
4) Requerimiento del taxón de un dispersor específico	a) No = 0
5) Presencia de mirmecofilia obligada	a) No = 0

https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

Tabla 3. Continuación...

Índice de rareza	
6) Dependencia estricta de micorrizas	a) No = 0
7) Afectación del taxón por depredadores, patógenos, competencia (especies invasoras).	a) Si = 1
	Subtotal = 1
Subtotal = suma del puntaje obtenido / 23	Subtotal = 4 / 23 = 0.17
Índice de impacto antropogénico	
Criterio D. Impacto de la actividad humana	
1) Relación del taxón con la alteración antrópica del hábitat	a) Es beneficiado por el disturbio = -1
2) Nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón	b) El impacto es fuerte y afecta a todas las poblaciones = 3
3) Existe evidencia (mediciones, modelos o predicciones) que indiquen un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales	a) No = 0
4) Impacto del uso sobre el taxón (intensidad y extensión de uso, extracción, cosecha de propágulos o la remoción de parte de la biomasa de un individuo)	a) El impacto de uso implica la remoción de las poblaciones = 4
5) El taxón es cultivado o propagado *ex situ* (a nivel nacional o internacional).	a) Si = -1
Subtotal = suma del puntaje obtenido / 10	Subtotal = 5 / 10 = 0.5

Tabla 4
Área de distribución calculada para *Cedrela odorata* con base en la cartografía de uso de suelo y vegetación.

Uso de suelo y vegetación modificado por Conabio (1999), escala 1:10,000,000		
Extensión de la distribución (%)	27.47	d) El área de distribución ocupa >5 - ≤ 40% del territorio nacional = 1
Extensión de la vegetación (%)	18.57	
Extensión de hábitats no adecuados (%)	8.90	
Uso de Suelo y Vegetación de Inegi agrupado por Conabio (1998), escala 1:1,000,000		
Extensión de la distribución (%)	24.72	d) El área de distribución ocupa >5 - ≤ 40% del territorio nacional = 1
Extensión de la vegetación (%)	17.14	
Extensión de hábitats no adecuados (%)	7.58	
Inventario nacional forestal de gran visión, UNAM-Semarnap (2000), escala 1:250,000		
Extensión de la distribución (%)	16.23	d) El área de distribución ocupa >5 - ≤ 40% del territorio nacional = 1
Extensión de la vegetación (%)	8.34	
Extensión de hábitats no adecuados (%)	7.89	
Uso del suelo y vegetación, serie V (Conjunto Nacional) Inegi (2013), escala 1:250,000		
Extensión de la distribución (%)	9.80	d) El área de distribución ocupa >5 - ≤ 40% del territorio nacional = 1
Extensión de la vegetación (%)	5.58	
Extensión de hábitats no adecuados (%)	4.22	

y encinos, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, matorral xerófilo, pastizal y vegetación acuática y subacuática). El valor asignado es de 0 puntos correspondiente al inciso "d" (mayor o igual que 4 tipos de vegetación); *2)* presencia del taxón en un hábitat especializado permanente: el cedro rojo no está asociado con un hábitat especializado, de acuerdo con la información bibliográfica y la contenida en las etiquetas de colecta de los ejemplares de herbario consultados se distribuye en una amplia variedad de hábitats, por lo que se le atribuye un valor de 0 puntos; *3)* dependencia del taxón de hábitat primario: la especie *Cedrela odorta* no depende de hábitat primario, ecológicamente es considerada una especie muy abundante en la vegetación secundaria de diversas selvas (Niembro et al., 2010; Pennington y

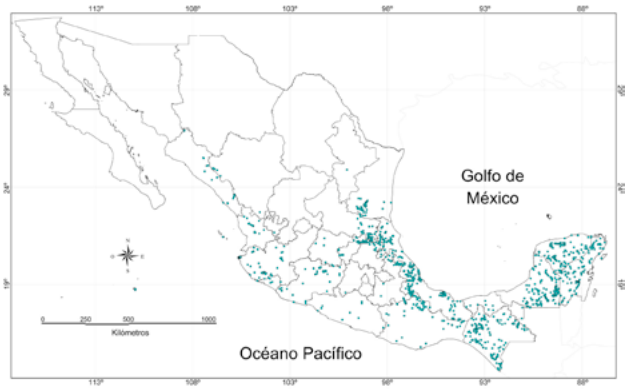

Figura 1. Ubicación geográfica de localidades *Cedrela odorata* en México.

Sarukhán, 2005; Vázquez-Yanes et al., 1999), el valor asignado corresponde a 0 puntos; *4)* dependencia del taxón de regímenes de perturbación particular o asociación a etapas transitorias en la sucesión ecológica: *Cedrela odorata* si está asociada a perturbación y su desarrollo es demandante de luz, se asigna valor de 1 punto (Vázquez-Yanes et al., 1999); *5)* amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón: de acuerdo con la información contenida en las etiquetas de los ejemplares de herbario consultados, de las bases de datos (Conabio, INFyS e Inifap) y con base en los resultados de la asignación de altitud realizada a los registros a partir de un modelo digital de elevación de México (con resolución espacial de 90 m) en el sistema de información geográfica ArcGIS 10 (ESRI, 2011), se encontró que el cedro rojo se distribuye en un amplio intervalo de altitud que va desde el nivel del mar hasta los 2,247 m. El intervalo es ≥ 1,000 metros por lo que se asigna un valor de 0 puntos.

Como resultado para el criterio B del índice de rareza (características del hábitat), el valor total es de 0.11 (1/9).

Para el índice de rareza, criterio C y vulnerabilidad biológica intrínseca de la especie, se obtuvieron los siguientes valores:

C-1. Demografía: *1)* número total de individuos, no se tiene una estimación del número de individuos en el país, al carecer de esta información se asigna un valor de 0 puntos; *2)* reclutamiento, no existe información sobre el reclutamiento en las poblaciones silvestres de cedro para México. Al no haber información se establece un valor de 0 puntos; *3)* atributos demográficos: a) evidencia de densodependencia en la reproducción, no existe evidencia de densodependencia en la reproducción de *Cedrela odorata*, se establece un valor de 0 puntos; b) presencia de clonalidad, la clonalidad es la capacidad de generar nuevos individuos independientes por medio de reproducción asexual. No existe evidencia de clonalidad en la especie, se determina un valor de 1 punto; c) evidencia de decrecimiento de las poblaciones, si existe evidencia del decrecimiento de las poblaciones de la especie en el país, se fija un valor de 1 punto (Patiño, 1997; Sánchez-Monsalvo et al., 2003); d) evidencia de una varianza de fecundidad grande, no existe información de la dinámica poblacional del cedro rojo en México, particularmente sobre la magnitud de la varianza de la fecundidad, por lo cual se determina un valor de 0 puntos; e) taxón dioico, individuos dicógamos o autocompatibles, *Cedrela odorata* no presenta organismos dioicos, dicógamos o autocompatibles, los individuos de la especie son monoicos, presenta flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia (panículas), debido a lo que se asigna un valor de 0 puntos; f) floración sincrónica o gregaria, la floración del cedro rojo no es sincrónica o gregaria, de manera general para México florece de mayo a agosto, existe asimetría en los procesos fenológicos según región y sitio, por lo que se asigna un valor de 0 puntos (Salazar, 2000); h) producción de propágulos por el taxón, no existe evidencia de que en forma natural la especie produzca algún tipo de propágulos (vegetativos o reproductivos), en la literatura se reporta que el cedro se puede propagar asexualmente por medio de estructuras vegetativas (estacas e injertos de yema) (Morales-Ortíz y Herrera-Tuz, 2009). Por lo anterior se considera que no produce propágulos (en comparación con otros miembros de su linaje) y se determina un valor de 0 puntos.

C-2. Genética: la información molecular para evaluar los criterios 1 y 2 proviene de la investigación relacionada con la variación y estructura genética de las poblaciones de *Cedrela odorata* en México (Vallejo, 2008): *1)* cantidad de variación molecular (heterocigosis), los valores encontrados por Vallejo (2008) indican que *Cedrela odorata* mantiene una alta diversidad genética (en cantidad y frecuencia alélica) por lo que los valores se pueden considerar como bajos, estableciendo un valor de 1 punto; *2)* estructura genética molecular, es la proporción de la variación genética encontrada entre poblaciones, los valores encontrados por Vallejo (2008) se pueden considerar como bajos, asignando un valor de 0 puntos.

C-3. Interacciones bióticas especializadas: *1)* requerimiento de nodriza para el establecimiento del taxón, no existen evidencias que indiquen que el cedro rojo requiera una "nodriza" para su establecimiento, por lo que se asigna el valor de 0 puntos; *2)* requerimiento del taxón de un hospedero o forofito específico, *Cedrela odorata* es una especie arbórea, por tanto no establece relaciones de epifitismo o parasitismo con otras especies, se determina un valor de 0 puntos; *3)* requerimiento del taxón de un polinizador específico, se conoce que el cedro rojo es polinizado por insectos, se han reportado la recolección de néctar en sus flores por varias especies de abejas, *Apis*

https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

mellifera, *Melipona beecheii*, *Tetragonisca angustula* y *Plebia* sp. (Sandker y Torato, 2009); no se han mostrado evidencias del requerimiento de un polinizador particular, debido a lo cual se establece un valor de 0 puntos; *4)* requerimiento del taxón de un dispersor específico, la especie no requiere de un dispersor determinado, el fruto es una cápsula y las semillas aladas son dispersadas por el viento, por lo que se asigna el valor de 0 puntos; *5)* presencia de mirmecofilia obligada, no existen evidencias de que el cedro rojo tenga asociaciones mutualistas con hormigas, se asigna el valor de 0 puntos; *6)* dependencia estricta de micorrizas, existen estudios que demuestran la asociación de *Cedrela odorata* con diversas especies de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), entre los consultados, Méndez (2012) encontró en 2 ecosistemas tropicales del estado de Veracruz varias especies de HMA de los géneros *Acaulospora*, *Claroideglomus*, *Diversispora*, *Entrophospora*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Pacispora*, *Paraglomus*, *Rhizophagus*, *Sclerocystis* y *Scutellospora*, empero, ninguno de los estudios ha demostrado la dependencia estricta con alguna de tales especies, el valor asignado es de 0 puntos; *7)* afectación del taxón por depredadores, patógenos, competencia (especies invasoras), el principal organismo patógeno que ataca al cedro rojo es el barrenador de brotes *Hypsipyla grandella* Zeller, es un lepidóptero que oviposita y daña la yema terminal de las plántulas y árboles provocando un desarrollo arbustivo o la muerte de la planta (Toledo et al., 2008), se determina un valor de 1 punto.

Para el criterio C del índice de rareza, vulnerabilidad biológica intrínseca, el valor total es de 0.17 (4/23). Los valores obtenidos del índice de impacto antropogénico constituido por el criterio D, impacto de la actividad humana son los siguientes: *1)* relación del taxón con la alteración antrópica del hábitat, el cedro rojo es una especie muy abundante en la vegetación secundaria de diversas selvas que requiere grandes cantidades de luz para su crecimiento y desarrollo, por lo que el disturbio natural o antropogénico lo beneficia, se asigna un valor de -1 punto; *2)* nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón, actividades humanas como el cambio de uso de suelo para establecer terrenos agrícolas, potreros e incluso para el crecimiento de áreas urbanas, han provocado la disminución de los tipos de vegetación donde se distribuye *Cedrela odorata*; el nivel de impacto ha sido intenso y extenso, debido a lo cual puede ser considerado como fuerte, afectando a todas las poblaciones, se determina el valor de 3 puntos; *3)* evidencia (mediciones, modelos o predicciones) que indiquen un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales, no existen trabajos que evalúen la predicción de la distribución del cedro rojo para el país completo, se establece un valor de 0 puntos; *4)* impacto del uso sobre el taxón, la especie *Cedrela odorata* es una de las especies maderables más importantes en México, su madera es fuerte, duradera y fácil de trabajar por lo que se utiliza para obtener vigas, tablas y chapas; se emplea para fabricar muebles rústicos y finos, duela, artículos torneados, cajas para puros, entre muchos otros; las ramas se emplean como combustible o leña; la raíz, los tallos, la corteza, las hojas, las semillas y el exudado del cedro rojo tienen uso medicinal; la madera y los frutos tienen uso artesanal. El uso de la especie en México es intenso y extenso por lo que el impacto de uso implica la remoción de las poblaciones, se asigna un valor de 4 puntos; *5)* el taxón es cultivado o propagado *ex situ* (a nivel nacional o internacional), el cedro rojo es una especie forestal neotropical que se utiliza para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales *in situ* (en el continente americano) y *ex situ* (en África y Australia), por lo que se determina el valor de -1 punto.

Para el criterio D impacto de la actividad humana del índice de impacto antropogénico, el valor total es de 0.5 (5/10). La suma total de los criterios para la evaluación de la categoría de riesgo de extinción de acuerdo con los lineamientos del anexo normativo II del MER (Semarnat, 2010a) da un valor total de 0.87 (A: 0.09 + B: 0.11 + C: 0.17 + D: 0.5 = 0.87); de acuerdo con las recomendaciones para el establecimiento de la categoría de riesgo (tabla 2), el valor obtenido es menor al requerido (1) para considerar a la especie dentro de alguna de las categorías de riesgo establecidas (Semarnat, 2010a).

Discusión

En la última modificación de la NOM-059 (Semarnat, 2010a) publicada, se incluye por primera vez al cedro rojo como una especie en riesgo, la categoría en la que se incluyó corresponde a la denominada "sujeta a protección especial (Pr)". Basados en dicha norma oficial, el puntaje obtenido por medio del método de evaluación del riesgo de extinción de plantas (MER-Plantas, anexo normativo II) y con la tabla de asignación de la categoría de riesgo, el valor mínimo para incluir una especie en dicha lista debió haber sido de 1.5 o por la vía directa si el valor fue mayor o igual que 1 y menor que 1.5 y que la sumatoria del criterio D sea igual o mayor que 0.3.

En la presente investigación el puntaje obtenido fue igual a 0.87 y el valor del criterio D de 0.5, nuestros resultados indican de forma evidente que *Cedrela odorata* no cumple con el puntaje requerido para ser incluida en alguna de las categorías de riesgo que propone la NOM-059 (Semarnat, 2010a).

Analizando algunos aspectos metodológicos del MER-Plantas, la inclusión de la cartografía digital como

fuente de información temática que asigna información a los registros de presencia de la especie, es un avance metodológico importante que ha transformado parte del método en un proceso cuantitativo. Para especies de amplia distribución en el país, es recomendable emplear cartografía digital de uso de suelo y vegetación actualizada como la serie V de Inegi (2013), que provee información actualizada sobre la distribución de la vegetación en el territorio, además la información contenida en esta serie se generó en escala grande o de mayor detalle (1:250,000) en comparación con otros mapas (escala 1:4,000,000) que se emplean en diferentes cálculos del índice.

Con respecto al cálculo del área de distribución de la especie, se emplearon 4 diferentes escalas (grandes y pequeñas) para tener la certeza del cálculo, y para todas las mediciones la superficie dentro del intervalo de superficie fue mayor a 5 y menor o igual que 40%. Como se mencionó dentro del índice, el rubro del número de localidades conocidas o existentes debe ser discernible, es decir, se consideran los puntos no sobrepuestos o intersectados para evitar confusiones metodológicas.

El cedro rojo es una especie que se distribuye en bosques tropicales y templados particularmente asociado a zonas perturbadas con vegetación secundaria donde la insolación favorece su crecimiento y desarrollo, es considerada como una especie que puede ser primaria o secundaria, puede formar parte del estrato superior de selvas maduras o como especie pionera en la vegetación secundaria en selvas (Andrade, 2004). A pesar de que la especie es beneficiada por disturbios naturales o antropogénicos, de manera general se ve afectada por la destrucción del hábitat por cambio de uso de suelo (Ramírez-García et al., 2008; Rueda-Sánchez et al., 2014). Es necesario hacer predicciones de la distribución de la especie en diferentes escenarios de cambio climático global debido a que no existen datos que permitan complementar el criterio D-3.

Cedrela odorata es una especie forestal maderable, que junto con la caoba (*Swietenia macrophylla*) representan la base de la industria maderera de las zonas tropicales de México, en especial de algunos ejidos forestales de Campeche y Quintana Roo, representando los ingresos para muchas familias campesinas que dependen económicamente de esta actividad. Su uso implica necesariamente la remoción total de los individuos, lo que hace de ella una de las especies forestales tropicales más utilizada para plantaciones comerciales en México, América, África y Australia (Hérnández-Máximo et al., 2011; López-Ayala et al., 2010; Mendizábal-Hernández et al., 2011).

La carencia de información para realizar el cálculo del criterio C (vulnerabilidad biológica intrínseca) pone de manifiesto la necesidad de conocer acerca de la dinámica poblacional y las interacciones bióticas (simbiosis, depredación, parasitismo) del cedro rojo en México. Así mismo, se deben realizar estudios sobre la variación molecular considerando las poblaciones ubicadas a lo largo de su distribución en todo el país y no solo para la parte suroeste (Vallejo, 2008). Los valores obtenidos en cada uno de los criterios y subcriterios pueden ser susceptibles de modificarse conforme se conozca más sobre la biología de la especie, particularmente sobre los aspectos demográficos, con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se puede proponer la exclusión del cedro rojo de la NOM-059-Semarnat-2010 (Semarnat, 2010a).

Durante el tiempo en el que el cedro rojo ha estado enlistado en la NOM-059, como una especie bajo el régimen de protección especial, lejos de contribuir a su conservación ha distorsionado de manera documentada al mercado de las maderas preciosas. El anuario forestal 2010 documenta un valor promedio de las maderas preciosas de $2,684.00 MN por m^3, para el 2011 de $3,103.00 MN por m^3, para el 2012 de $4,452.00 MN por m^3. Cabe mencionar que para el 2013, se refleja una estabilización del precio nuevamente a $2,511.00 MN por m^3 y sin embargo el valor de la producción es mucho menor en el 2013 que en 2010 (52.5 vs. 1,365 millones de pesos). Aunque se carece de datos para verificar que la demanda entre 2010 y 2013 es la misma, se abre a especulación que ésta se satisface de manera creciente a partir del mercado de madera no documentada (Semarnat, 2010b, 2011, 2012, 2013).

Las restricciones al aprovechamiento (que no su prohibición) además de representar una falta de ingresos para los productores de las zonas rurales representa un riesgo mucho mayor para la especie, pues se carece de control sobre los diámetros mínimos de corta y la conservación de árboles semilleros que garanticen su permanencia; ejemplos de este tipo de restricciones han demostrado esta situación en el pasado (caso de la veda forestal en Puebla del siglo pasado). Las restricciones para la recolección de semillas, así como el establecimiento de plantaciones forestales de la especie, sin contar con los permisos gubernamentales respectivos hacen más complicada la propagación artificial de la especie, que es cultivada en muchas partes de México en huertos familiares. Es importante indicar que el cedro rojo es una especie maderable reconocida y protegida por los habitantes del medio rural en todo el trópico mexicano. La protección de esta especie es tan evidente que la madera de cedro empleada en Yucatán proviene en una gran parte de sistemas silvopastoriles, agroforestales y de traspatio.

Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de la estancia posdoctoral del primer autor y fue posible realizarlo gracias al apoyo

https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192

económico de la beca otorgada por el Conacyt (CVU 162856). Agradecemos a Martha Martínez Gordillo, Mario Valerio Velasco García y José de Jesús Saavedra Romero, por sus valiosas críticas y sugerencias que enriquecieron este trabajo, y a los revisores anónimos, quienes con sus acertadas observaciones, contribuyeron a mejorar este trabajo.

Referencias

Andrade, T. (2004). *Capacidad morfogenética de diferentes explantes de cedro rojo (*Cedrela odorata *L.) (Tesis de maestría)*. Colegio de Postgraduados. Veracruz, Veracruz.

Calderón, G. y Germán-Rodríguez, M. T. (1993). *Meliaceae*. *Flora del Bajío y regiones adyacentes*, Fascículo 11. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán.

Cintron, B. B. (1990). *Cedrela odorata* L. Cedro, spanish cedar. En B. R. Burns y B. H. Honkala (Eds.), *Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654* (pp. 128–134). Washington, D.C.: Departament of Agricultura, Forest Service.

CITES (Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora). (2007). *Decimocuarta reunión de la Conferencia de las Partes*. La Haya (Países Bajos): CITES.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1997). *Provincias biogeográficas de México*. Escala 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. de México.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1998). *Uso de suelo y vegetación de Inegi agrupado por Conabio*, escala 1:1,000,000. Modificado de: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática-Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. de México.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1999). *Uso de suelo y vegetación modificado por Conabio,* escala 1:10000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. de México.

ESRI (Enviromental Systems Research Institute). (2011). ArcGIS 10. ArcMap Versión 10.0 License Type ArcInfo. Enviromental Systems Research Institute. Copyright. 1999-2010 Esri Inc.

Hérnández-Máximo, E., López-Ayala, J. L. y Sánchez-Monsalvo, V. (2011). Crecimiento en diámetro de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *2*, 27–42.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie V (Capa unión)*, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Cd. de México.

Germán-Ramírez, M. T. (2005). *Meliaceae*. *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán.* Fascículo 42. México D.F.: Instituto de Biología, UNAM.

Germán-Ramírez, M. T. (2007). *Meliaceae*. *Flora de Guerrero*, *31*, México D.F.: Facultad de Ciencias, UNAM.

López-Ayala, J. L., Sánchez-Monsalvo, V. y Hernández-Máximo, E. (2010). Crecimiento inicial de una plantación de especies tropicales en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *1*, 65–79.

Méndez, C. H. (2012). *Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares asociados al cedro rojo (*Cedrela odorata *L.) en dos ecosistemas tropicales de Veracruz, México (Tesis de doctorado)*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.

Mendizábal-Hernández, L., Alba-Landa, J., Márquez-Ramírez, J., Cruz-Ramírez, H. y Ramírez-García, E. (2011). Captura de carbono por *Cedrela odorata* L. en una prueba genética. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *2*, 107–113.

Morales-Ortíz, E. y Herrera-Tuz, L. (2009). *Cedro (*Cedrela odorata *L.) Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje*. Mérida: Comisión Nacional Forestal.

Niembro, A., Vázquez, M. y Sánchez, O. (2010). *Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica*. Xalapa, Veracruz: Secretaría de Educación, Gobierno del Estado de Veracruz.

Patiño, V. F. (1997*). Genetic resources of* Swietenia macrophylla *and* Cedrela odorata *in the neotropics: priorities for coordinate actions*. Forest Genetic Resources No. 25. Roma: FAO.

Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México*. México D.F.: UNAM/ Fondo de Cultura Económica.

Ramírez-García, C., Vera-Castillo, G., Carrillo-Anzures F. y Magaña-Torres, O. S. (2008). El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura comercial en el sur de Tamaulipas. *Agricultura Técnica en México*, *34*, 243–250.

Rueda-Sánchez, A., Gallegos-Rodríguez, A., González-Eguiarte, D., Ruiz-Corral, J., Benavides-Solorio, J., López-Alcocér, E. et al. (2014). Estimación de biomasa aérea en plantaciones de *Cedrela odorata* L. y *Swietenia macrophylla* King. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *5*, 8–17.

Rzedowski, J. (1990). *Vegetación potencial*, escala 1:4,000,000. En Vegetación potencial. Tomo II, Sección IV.8.2. Atlas Nacional de México. (1990-1992). México D.F.: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Salazar, R. (2000). *Manejo de semillas de 100 especies forestales de américa Latina. Volumen 1*. San José, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Sánchez-Monsalvo, V., Salazar, G. G., Vargas, H. J., López, U. J. y Jasso, M. J. (2003). Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *26*, 19–27.

Sandker, M. y Torato L. (2009). *Árboles melíferos para reforestar.* Universiteit Utrecht. Recuperado el 09 febrero, 2018 de: http://www.bio.uu.nl/promabos/arbolesmeliferos/index.html

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010a). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-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, Segunda Sección, México.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010b). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2010. México D.F.: Semarnat.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2011). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2011. México D.F.: Semarnat.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2012. México D.F.: Semarnat.

Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2013. México D.F.: Semarnat.

Toledo, M., Chevallier, B., Villaroel, D. y Mostacedo, B. (2008). *Ecología y silvicultura de especies menos conocidas cedro,* Cedrela *spp*. La Paz, Bolivia: Instituto Boliviano de Investigación Forestal.

UNAM-Semarnap. (2000). *Inventario Nacional Forestal de Gran Visión*. Escala 1:250,000. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México/ Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Vallejo, M. (2008). *Análisis de variación y estructura genética en poblaciones de* Cedrela odorata *L. (Tesis)*. México, D.F.: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz, A. I., Alcocer-Silva, M. I., Gual-Díaz, M. y Sánchez-Dirzo, C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. México, D.F.: Conabio/ Instituto de Ecología, UNAM.