



# Propuesta de evaluación para asignar tentativamente riesgo de extinción (ETRE): el caso de *Peltogyne mexicana* (Leguminosae)

JUAN CARLOS MONTERO-CASTRO<sup>1\*</sup>, JOSÉ ANTONIO ZUÑIGA-ZUÑIGA<sup>1</sup>, CUAUHTÉMOC SÁENZ-ROMERO<sup>2</sup> Y NAHUM MODESTO SÁNCHEZ-VARGAS<sup>2</sup>

**Botanical Sciences**  
96 (4): 609-618, 2018

DOI: 10.17129/botsei.1971

Received:  
December 13rd, 2017  
Accepted:  
May 22nd, 2018  
Associated editor:  
Martha González-Elizondo

## Resumen

**Antecedentes:** El ritmo de las estimaciones de riesgo de extinción es lento en relación con la magnitud del problema. En el caso de las plantas se han evaluado el 6 % de las especies. Por otro lado, se ha determinado que la extensión del área de distribución es un buen predictor del riesgo de extinción.

**Preguntas:** ¿Se puede agilizar la estimación de riesgo de extinción de las especies vegetales? ¿Estimaciones de riesgo tomando en cuenta sólo el área de distribución, pueden convergir con estimaciones de métodos ya establecidos?

**Taxon:** *Peltogyne mexicana*

**Sitio de estudio:** Guerrero, México

**Métodos:** Se implementó la Evaluación para Asignar Tentativamente Riesgo de Extinción (ETRE) comparando el área de ocupación (AOO) del árbol tropical maderable *Peltogyne mexicana* contra el AOO de otras leguminosas arbóreas con estatus de riesgo de extinción ya establecidos. Se implementó el Método de Evaluación de Especies en Riesgo (MER) y se compararon los resultados.

**Resultados:** Con la implementación de la ETRE se determinó que el árbol tropical maderable *Peltogyne mexicana* se encuentra en peligro de extinción, lo cual se confirma con la implementación del MER.

**Discusión:** La idoneidad de la ETRE se basa en que varios predictores del riesgo de extinción están superditados al tamaño del área de distribución y a que la estimación de ésta última es ampliamente aceptada por medio del AOO. La ETRE es un procedimiento objetivo y fácilmente replicable, que se puede implementar previamente a evaluaciones más escrupulosas, como el MER. Se proponen acciones para evitar la pérdida de *Peltogyne mexicana*.

**Palabras clave:** área de distribución, especies amenazadas, estado de conservación, riesgo de extinción.

## Abstract

**Background:** The rates of extinction evaluations are slow in relation to the magnitude of the problem. In the case of plants, just about 6 % of the species have been evaluated. On the other hand, it has been determined that the extension of the distribution area is a good predictor of the extinction risk.

**Questions:** Is it possible to speed up the estimate of extinction risk of plant species? Can risk estimates that consider only the area of distribution converge with estimates from already established methods?

**Taxon:** *Peltogyne mexicana*

**Study site:** Guerrero, Mexico

**Methods:** The Evaluation to Assign Tentatively Risk of Extinction (ETRE) was implemented comparing the area of occurrence (AOO), calculated with the GeoCat program, of the tropical timber tree *Peltogyne mexicana* against the AOO of other tropical trees (all Leguminosae) that are recognized with risk of extinction. The Method of Evaluation of Species at Risk (MER) was implemented and the results were compared.

**Results:** With the implementation of the ETRE it was determined that *Peltogyne mexicana* has a high extinction risk, category that is confirmed with the MER implementation.

**Discussion:** The suitability of the ETRE is based on the fact that several predictors of the risk of extinction are dependent on the size of the distribution area and that the estimate of the distribution area is amply accepted through the AOO. The ETRE is impartial, easily replicable, which can be implemented previously to evaluations more scrupulous, such as the MER. Actions are suggested to alleviate the risk situation of *Peltogyne mexicana*.

**Key Words:** conservation status, extinction risk, geographic range, threatened species.

L

a expansión demográfica humana y la forma en que se sobreexplotan los recursos naturales ha acelerado el proceso de extinción (Vitousek *et al.* 1997, Wake & Vredenburg 2008, Ceballos *et al.* 2015, 2017), y se estima que con el agravante del cambio climático dicho proceso se intensificará (Molina 2007, Trejo *et al.* 2011). Este panorama motiva a tomar acciones para diagnosticar las especies más vulnerables a estas presiones. Para esto, en México se diseñó un método de evaluación de riesgo de extinción a nivel nacional (MER; Tambutti *et al.* 2001). Varios autores han resaltado las bondades del MER indicando que facilita las decisiones de conservación y genera hipótesis comprobables (Olson *et al.* 2005, Solano & Feria 2007). En cambio, de-Grammont & Cuarón (2006) y Cuarón & de-Grammont (2007) consideran que el MER es subjetivo, poco flexible y considerablemente demandante de información comparado con el sistema de evaluación de la Lista Roja de la UICN. En ese sentido, Ramírez & Quintero (2016), tomando en cuenta que la mayoría de las especies en México han sido poco estudiadas, por lo que se tienen escasos datos para evaluar su estatus de riesgo con el MER, consideran que es mejor utilizar el método de la UICN sobre el MER, argumentando que para implementar este último se requieren demasiados detalles, los cuales sólo son posibles de obtener con una gran inversión de tiempo y recursos. Por su parte, Feria-Arroyo *et al.* (2009) consideran que algunos aspectos del MER son redundantes y subjetivos, en cambio opinan que la evaluación con base a la UICN es bastante eficiente. Estos autores también demuestran que ambos métodos convergen en las estimaciones del nivel de riesgo de extinción. A favor del MER Soberón & Medellín (2007) consideran que cada país debe tener un protocolo de asignación de riesgo independiente, otorgando más importancia a algunos aspectos de la evaluación, de acuerdo con las carencias de su sistema científico y procurando la fácil implementación para las instituciones encargadas de regular la protección de especies amenazadas.

Mientras transcurre la discusión de utilizar un sistema de evaluación nacional o internacional, las especies que puedan considerarse con riesgo de extinción continúan sin ser diagnosticadas. En el caso de las especies de plantas, Darrah *et al.* (2017) indican que a nivel mundial sólo se han evaluado el 6 %. En México, si consideramos que existen 23,314 especies de plantas vasculares (Villaseñor 2016) y que en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) se reportan 983 de éstas, se han catalogado con alguna clase de riesgo de extinción el 4 % de las mismas (aunque no se tiene registro de especies evaluadas que no fueron consideradas en riesgo). En la actualidad el avance en las evaluaciones de riesgo de extinción de las especies en México es lento, destacan los estudios de Soto-Arenas *et al.* (2007), González-Espinosa *et al.* (2011) y Cabrera-Luna & Pantoja-Hernández (2016) que evaluaron, 198, 762 y 340 especies de plantas vasculares, respectivamente; así como otras evaluaciones enfocadas a taxa particulares, realizadas con la metodología del MER y/o de la IUCN (Tabla 1).

Por otro lado, los datos preferidos para realizar evaluaciones de conservación de la biodiversidad son los registros geográficos obtenidos de las colecciones biológicas (Sánchez-Cordero *et al.* 2005). En el caso de las plantas, los ejemplares herborizados son la fuente primaria para deducir la distribución geográfica de las especies (Golding 2001, 2004, Schatz 2002, Willis *et al.* 2003, Roberts *et al.* 2005, Hernández & Navarro 2007, Kricsfalusy & Trevisan 2014, Rivers *et al.* 2011). Esta información suele ser parcial, ya que refleja sesgo de recolecta (por ejemplo, debido a la cercanía entre punto de colecta y caminos de acceso), distribuciones no actuales y falta de datos cuantitativos (Newton & Oldfield 2008); sin embargo, para muchas especies la información obtenida de los especímenes de herbario son la única información disponible y confiable. Por lo tanto, una evaluación basada únicamente en datos de herbario, aunque no es óptima, es útil para producir un análisis inicial (Newton & Oldfield 2008).

La forma más utilizada para caracterizar el área de distribución de las especies para fines de conservación es el área de ocupación (AOO), definida como el área dentro de los límites extremos que ocupa el taxón (extensión de ocurrencia, EOO), excluyendo casos de vagancia, hábitats inadecuados o desocupados. Para mejorar las estimaciones del área de distribución Hernández & Navarro (2007) proponen ajustar el tamaño de las celdas del AOO de los diferentes agrupamientos de localidades disjuntas, acoplando el método de proporcionalidad media de Rapoport (1975). En cambio, Solano & Feria (2007) utilizan modelación del nicho ecológico (MNE) re-cortando con mapas de provincias biogeográficas, subcuencas y de uso de suelo; Feria-Arroyo *et al.* (2009) utilizan un mapa de vegetación potencial además de MNE; López-Toledo *et al.*

**Tabla 1.** Estudios destacados de especies amenazadas de diferentes taxa realizados en México, con la metodología del MER o de la IUCN.

Referencia	Evaluación	Grupo al que pertenecen las especies analizadas
Solano & Feria 2007	MER	Fam. Agavaceae
Feria-Arroyo <i>et al.</i> 2009	IUCN, MER	
Feria-Arroyo <i>et al.</i> 2010	MER	
Alvarado-Cárdenas <i>et al.</i> 2017	IUCN	Fam. Apocynaceae
Valverde <i>et al.</i> 2009	MER	Fam. Cactaceae
Olson <i>et al.</i> 2005	MER	Fam. Euphorbiaceae
Lomelí-Sención <i>et al.</i> 2009	IUCN, MER	
Hernández-Macías <i>et al.</i> 2014	IUCN	Fam. Leguminosae
Soto-Arenas <i>et al.</i> 2007	MER	Fam. Orchidaceae
Leopardi <i>et al.</i> 2012	IUCN, MER	
García-González <i>et al.</i> 2016	MER	
Cabrera-Luna & Pantoja-Hernández 2016	MER	Plantas Vasculares
González-Espinosa <i>et al.</i> 2011	IUCN	
López-Toledo <i>et al.</i> 2011	IUCN	Fam. Zygophyllaceae

(2011) emplean MNE y mapas de provincias biogeográficas y de tipos de vegetación; y Jiménez-Alfaro *et al.* (2012) MNE y datos topográficos.

Contrastando la creciente complejidad para realizar las evaluaciones de riesgo de extinción, contra la necesidad apremiante de evaluar una enorme cantidad de especies, el presente estudio tiene como objetivo proponer como alternativa una evaluación tentativa para asignar categoría de riesgo de extinción (ETRE), comparando el AOO de las especies por evaluar contra los AOO de especies emparentadas y/o con características similares, reconocidas en alguna de las categorías oficiales de amenaza. Para demostrar la confiabilidad del método propuesto se comparó la ETRE contra la estimación obtenida por el MER. Para esto se utilizó el caso de *Peltogyne mexicana* Martínez (Leguminosae, Caesalpinoideae, Detarieae), árbol que crece en el bosque tropical subcaducifolio del estado de Guerrero, México, que desarrolla fustes rectos de diámetros considerables y produce madera catalogada como preciosa. Esta planta está incluida en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) como especie amenazada; sin embargo, el estado de conservación de *P. mexicana* que describe Navarro-Martínez (2001) indica que la especie está extremadamente amenazada, por lo que es de suponerse que la categoría en la que se encuentra no es la más adecuada.

### Materiales y métodos

Se consultó la revisión del género (Silva 1976), la descripción original de la especie (Martínez 1960) e información recientemente publicada de la misma sobre la morfología, biología, distribución y hábitat de *P. mexicana* (Navarro-Martínez 2001, Navarro-Martínez *et al.* 2002, 2005, Juárez-Agís *et al.* 2013, 2016 Sotuyo 2014).

Tomando en cuenta que se ha demostrado que el AOO es un predictor muy importante del riesgo de extinción (Leao *et al.* 2014) y que una gran proporción de especies consideradas en riesgo de extinción por la IUCN, se han aceptado sólo por tener un rango geográfico restringido (Gaston & Fuller 2009), e inspirados en el estudio de Luna-Vega *et al.* (2006), se implementó una metodología consistente en comparar la distribución de la especie a evaluar contra la distribución de especies equivalentes que se encuentran reportadas oficialmente en alguna categoría de amenaza. En este caso se seleccionaron *Dalbergia congestiflora* Pittier, *D. granadillo* Pittier, *Ormosia isthmensis* Standl., *Platymiscium lasiocarpum* Sandwith y *Vatairea lundellii* (Standl.) Killip ex Record, especies incluidas en la categoría de Peligro de Extinción del MER (aunque es

posible comparar con especies en otras categorías de riesgo, es más urgente detectar las especies más amenazadas). Estas especies se consideran comparables argumentando conservadurismo filogenético (Wiens & Graham 2005), al ser árboles de la misma familia. En el caso de evaluar especies que no presenten parientes cercanos, oficialmente reconocidos en la categoría de riesgo de interés, o que estos sean notablemente divergentes (hierba vs árbol), se podría comparar contra especies que comparten el mismo hábitat, gremio o que posean características similares de estrategias de vida (ver: Raunkiaer 1934, Grime 1977, Simberloff & Dayan 1991).

Las coordenadas de las localidades de recolecta se obtuvieron de la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org>). Esta información se cotejó físicamente o por consulta digital de las colecciones de varios herbarios (ENCB, IBUG, IEB, MEXU, MO, NY, GH, US). Para ejemplares carentes de coordenadas geográficas, éstas se infirieron con la aplicación web GEOLocate (<http://www.museum.tulane.edu/geolocate>), excluyendo ejemplares con localidades de recolecta ambiguas o imprecisas. A partir de la base de datos depurada de las localidades, se calculó el AOO con el programa en línea GeoCAT (Bachman *et al.* 2011) utilizando cuadrículas con las dimensiones (2 × 2 km) sugeridas por la IUCN-SPSC (2016) para evaluar el peligro de extinción. Si la especie por evaluar presenta un AOO menor o igual a la media del AOO de las especies ya reconocidas en alguna categoría de extinción, la especie evaluada se considera tentativamente amenazada con base en la categoría utilizada y se procede a aplicar un análisis más detallado con el MER.

Antes de aplicar el MER, con el objetivo de verificar las condiciones de las diferentes poblaciones de *P. mexicana* respecto a su demografía y fenología en las localidades de distribución previamente ubicadas, así como otras localidades sugeridas por los pobladores de la región, se realizaron salidas de campo en los meses de abril y junio de 2012; marzo y agosto 2014 y febrero 2015.

Se visitaron las localidades de: Acahuizotla, El Rincón de La Vía (municipio de Chilpancingo de Bravo), cerro Altos del Tepehuaje, cerro El Zoyatal, cerro Tierra Colorada (municipio de Juan R. Escudero), así como el remanente de bosque entre Cumbres de Llano Largo y Las Brisas (municipio de Acapulco de Juárez). De la población ubicada en el polígono oeste del parque El Veladero se tuvo conocimiento una vez terminado el trabajo de campo, motivo por el cual sólo se tomó en cuenta en el número total de localidades y el cálculo del área. Se realizaron recorridos a pie lo más exhaustivo posible de acuerdo con los recursos económicos disponibles, tratando de localizar las poblaciones más abundantes y los individuos más apartados. Se georeferenciaron todos los fustales (individuos con tronco maderable) con un diámetro mayor a 10 cm a la altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo, registrando su estado reproductivo y sanitario. La densidad se calculó proyectando las coordenadas de los individuos en un sistema de información geográfica y sobreponiendo una cuadrícula de aproximadamente 100 × 100 m.

Para evidenciar el reclutamiento se registraron como abundantes, escasos o ausentes la presencia de plántulas (individuos con dos hojas), brizales (individuos con más de un par de hojas y hasta 1.5 m) y latizales (individuos de altura mayor de 1.5 m y con diámetro hasta 9.9 cm). Una vez organizada toda esta información se implementó un análisis siguiendo la metodología MER-Plantas (SEMARNAT 2010).

## Resultados

**Resultados de la ETRE.** El AOO de *Peltogyne mexicana* es bastante restringida, con apenas 52 km<sup>2</sup>, menor en un orden de magnitud comparada contra la media del AOO (265.6 km<sup>2</sup>) de otras especies arbóreas reconocidas de la misma familia como en Peligro de Extinción (*Dalbergia congestiflora*, 252 km<sup>2</sup>; *D. granadillo*, 224 km<sup>2</sup>; *Ormosia isthmensis*, 224 km<sup>2</sup>; *Platymiscium lasiocarpum*, 360 km<sup>2</sup>; *Vatairea lundellii*, 268 km<sup>2</sup>), por lo que la ETRE deduce que esta especie puede ser considerada en Peligro de Extinción Tentativo y es pertinente implementar el MER.

**Resultados del MER.** La suma de los diferentes criterios de este método es 2.07 puntos, ubicándose en el límite inferior (rango de 2 a 4) para asignar a una especie la categoría de en peligro de extinción (Tabla 2).

**Tabla 2.** Desglose de la puntuación obtenida a partir del MER para *Peltogyne mexicana*.

Índices	Criterios	Puntuación por inciso	Subtotal por criterio
Rareza	A. Características de la distribución geográfica	1) = 3 2) = 2 3) = 3 4) = 1	9 / 11 = 0.82
	B. Características del hábitat	1) = 1 2) = 0 3) = 0 4) = 0 5) = 1	2 / 9 = 0.22
	C. Vulnerabilidad	1) = 3 2) = 2	10 / 23 = 0.43
	C-1. Demografía biológica intrínseca	3a) = 0 3b) = 1 3c) = 1 3d) = 1 3e) = 0 3f) = 1 3g) = 0	
	C-2. Genética	1) = 0 2) = 0 3) = 0 4) = 0	
	C-3. Interacciones bióticas especializadas	1) = 0 2) = 0 3) = 0 4) = 0 5) = 0 6) = 0 7) = 1	
Impacto antropogénico	D: Impacto de la actividad humana	1) = 1 2) = 3 3) = 0 4) = 3 5) = -1	6 / 10 = 0.6

## Discusión

Es necesario priorizar la estimación del riesgo de extinción de especies aun no evaluadas, para evitar que se extingan sin tener siquiera una evaluación previa del riesgo que enfrentan (Bland *et al.* 2015). Estimaciones de extinción como consecuencia del cambio climático en diferentes regiones, entre linajes de vertebrados, invertebrados y plantas, indican que entre 18 y 37 % de las especies se podrían extinguir para el 2050 (Thomas *et al.* 2004). Para tratar de determinar el riesgo de extinción de especies con pocos datos, se han implementado procedimientos con diferentes herramientas de inteligencia artificial (Bland *et al.* 2015, Darrah *et al.* 2017). Sin embargo, la implementación de estas estrategias requiere habilidades de programación para

realizar configuraciones sofisticadas, desconocidas por la mayoría de los biólogos (Thessen 2016).

Establecer predictores del riesgo de extinción fiables y de fácil estimación es beneficioso no sólo para anticipar las necesidades de manejo, sino también para mejorar la comprensión de por qué algunas especies son más propensas a la extinción (Willis 2017). Se ha demostrado que predictores del riesgo de extinción, como el tipo de hábitat y el hábito de las plantas, están sujetos a la tamaña del área de distribución (Leao *et al.* 2014). Esto quizás se deba a que varios organismos propensos a la extinción están adaptados a hábitats muy especializados o porque su forma de crecimiento y tipo de propágulos les impide expandir su área de distribución ampliamente. En cualquiera de los casos la extensión del área de distribución puede ser utilizada adecuadamente como un sustituto del riesgo de extinción.

Como la ETRE toma ventaja de la predictibilidad del riesgo de extinción a partir del área de distribución, la comparación de la distribución de las especies a evaluar contra especies ampliamente reconocidas con riesgo de extinción posibilitará la rápida evaluación de una gran cantidad de especies equivalentes. Por ejemplo, las especies que se utilizaron en este estudio podrían ser usadas para determinar el riesgo de extinción de otras especies arbóreas de la familia Leguminosae. En el caso de evaluar a especies de familias que no se encuentren aún en los listados de riesgo de extinción, se podrían comparar con especies de las familias más emparentadas con base en los estudios filogenéticos ya existentes (por ejemplo, APG 2016). Si bien el conservadurismo filogenético es un criterio que ayuda en la mayoría de los casos, hay casos en los que los taxones emparentados son muy divergentes, diferiendo incluso en características relevantes en el riesgo de extinción. Para esto es recomendable aplicar un criterio ecológico, comparando especies con el mismo hábitat, mismo gremio o misma forma de vida. Esto concuerda con el hecho de que varias de estas características se han considerado predictores de riesgo de extinción (Leao *et al.* 2014).

La disponibilidad en línea de los datos de distribución de las especies y la representación del AOO por medio del programa GeoCAT (Bachman *et al.* 2011) facilita mucho la implementación de la ETRE, pero estas herramientas podrían conducir a errores si no se verifica la información obtenida en línea contra los ejemplares herborizados, descartando en la medida de lo posible errores de identificación o de captura.

El resultado de la ETRE para *P. mexicana* indica claramente que la especie debe ser considerada en peligro de extinción, al presentar una distribución un orden de magnitud menor a otras especies reconocidas con esta categoría. Esto se comprueba con el MER, aunque con una puntuación relativamente baja, la cual se debe principalmente a la carencia de datos para evaluar algunos sub-criterios, como los genéticos y de biología reproductiva. Coincidimos con Olson *et al.* (2005) quienes afirman que para evaluar especies amenazadas es sumamente importante la información genética y demográfica de las mismas, pero en un país tan diverso como México, realizar estudios tan detallados de toda la flora sólo será posible a largo plazo. En cambio, el diagnóstico necesario para hacer frente a la extinción de especies se debe dar a corto plazo. La fácil implementación de la ETRE permitirá que un amplio número de biólogos interesados en la conservación de las especies puedan determinar rápidamente si alguna especie de su interés deba ser considerada en riesgo de extinción, sin la limitante de implementar un método complejo para esto.

El factor principal de la reducción del área de distribución que ha sufrido *P. mexicana* probablemente sea consecuencia de una explotación desordenada. Navarro-Martínez *et al.* (2002) señalan que a pesar de la reconocida importancia comercial, ecológica y cultural de la madera de *P. mexicana* se carece de un registro oficial de su aprovechamiento. Aunado al saqueo ilegal de la madera; los cambios en uso de suelo y el aumento demográfico humano en las cercanías de las áreas de distribución de *P. mexicana* aceleran la extirpación de las poblaciones de esta especie (Sotuyo 2014). Para mitigar esta situación se ha propuesto que su aprovechamiento sea restringido por mucho tiempo; hasta lograr estabilizar sus poblaciones e incluso incrementar el área de distribución natural mediante reforestación (Navarro-Martínez *et al.* 2005). Mientras parece que las acciones gubernamentales para evitar la extinción del palo morado son insuficientes (Sotuyo 2014), se ha propuesto una iniciativa novedosa de Denominación de Origen para defender la propiedad intelectual de los artesanos que trabajan la madera de *P. mexicana*.

(Hernández 2013), de tal forma que se pueda realzar su valor cultural y artesanal, provocando una sinergia que motive un mayor compromiso de las autoridades ambientales para la conservación de la vegetación donde se distribuye esta especie. Lo anterior ya está sucediendo con *Agave cupreata* Trel. & A. Berger, pues desde que se creó la denominación de origen del mezcal de Michoacán y Guerrero, producido a partir de esta especie, se ha incentivado la producción de planta en vivero, el establecimiento de plantaciones comerciales y la conservación de las poblaciones naturales (Martínez-Palacios *et al.* 2015).

### Agradecimientos

Agradecemos al Maestro José Navarro Martínez del Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No 5, de Tierra Colorada; a las autoridades del Jardín Botánico de Acapulco, A.C.; a las autoridades del Vivero Forestal Estatal Vicente Guerrero, SEMAREM; a los pobladores de Rincón de la Vía, Chilpancingo, Gro; a la Dra. Sabina Lara Cabrera de la UMSNH. Particularmente se agradecen los comentarios de los editores y revisores anónimos que enriquecieron notablemente el documento.

### Literatura citada

- Alvarado-Cárdenes LO, Villaseñor JL, López-Mata L, Cadena J, Ortiz E. 2017. Systematics, distribution and conservation of *Cascabela* (Apocynaceae: Rauvolfioideae: Plumerieae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution* **303**: 337-369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-016-1375-6>
- APG [Angiosperm Phylogeny Group]. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**: 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Bachman S, Moat J, Hill AW, de la Torre J, Scott B. 2011. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial Conservation Assessment Tool. *ZooKeys* **150**:117-126. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>
- Bland LM, Collen B, Orme CDL, Bielby J. 2015. Predicting the conservation status of data-deficient species. *Conservation Biology* **29**: 250-259. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12372>
- Cabrera-Luna JA, Pantoja-Hernández Y. 2016. Especies vegetales vulnerables y en riesgo del estado de Querétaro. *Digital Ciencia@UAQRO* **9**: 1-13. <[http://www.uaq.mx/investigacion/revista\\_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v9-n2/Alejandrina-Art-1.pdf](http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v9-n2/Alejandrina-Art-1.pdf)> (accessed July 13, 2017)
- Ceballos G, Ehrlich PR, Barnosky AD, García A, Pringle RM, Palmer TM. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* **1**: e1400253. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>
- Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzo R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114**: E6089-E6096. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Cuarón AD, de-Grammont PC. 2007. Shortcomings of threatened species categorization systems: Reply to Soberón and Medellín. *Conservation Biology* **21**: 1368-1370. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00785.x>
- Darrah SE, Bland LM, Bachman SP, Clubbe CP, Trias-Blasi A. 2017. Using coarse-scale species distribution data to predict extinction risk in plants. *Diversity and Distributions* **23**: 435-447. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12532>
- De-Grammont P, Cuarón AD. 2006. An evaluation of threatened species categorization systems used on the American continent. *Conservation Biology* **20**: 14-27. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00352.x>
- Feria-Arroyo TP, Olson ME, García-Mendoza A, Solano E. 2009. GIS-based comparison of the Mexican national and IUCN methods for determining extinction risk. *Conservation Biology* **23**: 1156-1166. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01241.x>
- Feria-Arroyo TP, Solano E, García-Mendoza A. 2010. Reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies del género *Polianthes* L. (Agavaceae). *Acta Botánica Mexicana* **92**: 11-28.
- García-González A, Damon A, Riverón-Giró FB, Aguilar-Romero O, Solís-Montero L, Ávila-Díaz I. 2016. *Telipogon helleri* (Orchidaceae): population characteristics, new locality in Mexico and risk of extinction. *Botanical Sciences* **94**: 97-106. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.280>
- Gaston KJ, Fuller RA. 2009. The sizes of species' geographic ranges. *Journal of Applied Ecology* **46**: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01596.x>

- Golding JS. 2001. Southern African herbaria and Red Data Lists. *Taxon* **50**: 593-602.
- Golding JS. 2004. The use of specimen information influences the outcomes of Red List assessments: the case of southern African plant specimens. *Biodiversity & Conservation* **13**: 773-780. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000011725.78505.07>
- González-Espinosa M, Meave JA, Lorea-Hernández FG, Ibarra-Manríquez G, Newton AC. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Cambridge, Reino Unido: FFI-BGCI-Global Trees Campaign-IUCN.
- Grime JP. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* **111**: 1169-1194. DOI: <https://doi.org/10.1086/283244>
- Hernández G. 2013. *Denominación de origen de Peltogyne mexicana Martínez* (Palo Morado). BSc. Thesis, Universidad Internacional de Morelos, México.
- Hernández HM, Navarro M. 2007. A new method to estimate areas of occupancy using herbarium data. *Biodiversity and Conservation* **16**: 2457-2470. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9134-6>
- Hernández-Macías H, Duno-de-Stefano R, Gutiérrez C, Carnevali-Fernández-Concha G, Can L, Pool E. 2014. *Calliandra ricoana* (Leguminosae, Mimosoideae, Ingeae): Una nueva especie críticamente amenazada de Chiapas, México. *Botanical Sciences* **92**: 177-181. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.110>
- IUCN-SPSC [International Union for Conservation of Nature, Standards and Petitions Subcommittee]. (2016). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. <cmsdocs.s3.amazonaws.com/RedListGuidelines.pdf> (accessed October 30, 2016)
- Jiménez-Alfaro B, Draper D, Nogués-Bravo D. 2012. Modeling the potential area of occupancy at fine resolution may reduce uncertainty in species range estimates. *Biological Conservation* **147**: 190-196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.030>
- Juárez-Agis A, Benítez-Villasana JI, García-Sánchez S. 2013. Época de recolecta en Palo Morado (*Peltogyne mexicana* Martínez), en Acapulco Gro., México. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* **4**: 37-51.
- Juárez-Agis A, Castro NDH, Martínez JL, Umaña MR. 2016. Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* **5**: 50-69.
- Kricsfalusi VV, Trevisan N. 2014. Prioritizing regionally rare plant species for conservation using herbarium data. *Biodiversity and Conservation* **23**: 39-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0583-4>
- Leao TC, Fonseca CR, Peres CA, Tabarelli M. 2014. Predicting extinction risk of Brazilian Atlantic Forest angiosperms. *Conservation Biology* **28**: 1349-1359. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12286>
- Leopardi C, Carnevali G, Romero-González GA. 2012. *Amoana* (Orchidaceae, Laeliinae), a new genus and species from Mexico. *Phytotaxa* **65**: 23-35. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.65.1.3>
- Loneli-Sención J, Sahagún-Godínez E, Steinmann VW. 2009. *Cnidoscolus Monicanus* (Euphorbiaceae), An endemic new species of laticiferous, non-stinging spurge nettle from western Mexico. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature* **19**: 68-75. DOI: <https://doi.org/10.3417/2006207>
- López-Toledo L, Gonzalez-Salazar C, Burslem DF, Martinez-Ramos M. 2011. Conservation assessment of *Guaiacum sanctum* and *Guaiacum coulteri*: historic distribution and future trends in Mexico. *Biotropica* **43**: 246-255. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00682.x.pdf>
- Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O, Contreras-Medina R, Ponce-Vargas A. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristic of Mexican temperate forests. *Biodiversity and Conservation* **15**: 3773-3799. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-005-5401-1>
- Martínez M. 1960. Una especie de *Peltogyne* en México. *Anales del Instituto de Biología* **31**: 123-131.
- Martínez-Palacios AM, Mendoza SAC, González RR, Alberto AA, Lobit P, Prat C. 2015. Orientación a la luz de la plantación de *Agave cupreata* Trel. y Berger, bajo manejo integral, Tzitzio, Mich. In: Martínez-Palacios A, Morales-García JL, Guillén Rodríguez S. eds. *Aspectos sobre el Manejo y Conservación de Agaves Mezcaleros en Michoacán*. Michoacán México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, 63-82.
- Molina E. 2007. Causas de los principales eventos de extinción en los últimos 66 millones de años. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza* **62**: 37-64.
- Navarro-Martínez J. 2001. *Contribución al conocimiento de Palo Morado (Peltogyne mexicana Martínez), una especie amenazada de Guerrero, México*. MSc. Thesis, Universidad Autónoma de Chapinango, México.
- Navarro-Martínez J, Borja-de la Rosa A, Musalem-Santiago MÁ, Ramírez-Maldonado H, Granados-Sánchez D. 2002. Ecuaciones y tablas de volúmenes comerciales con y sin corteza para *Peltogyne mexicana* Martínez, una especie amenazada del estado de Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **8**: 133-139.

- Navarro-Martínez J, Borja-de la Rosa A, Machuca-Velasco R. 2005. Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **11**: 73-82.
- Newton AC, Oldfield S. 2008. Red Listing the world's tree species: a review of recent progress. *Endangered Species Research* **6**: 137-147. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00148>
- Olson ME, Lomeli JA, Cacho NI. 2005. Extinction threat in the *Pedilanthus* clade (*Euphorbia*, Euphorbiaceae), with special reference to the recently rediscovered *E. conzattii* (*P. pulchellus*). *American Journal of Botany* **92**: 634-641. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.92.4.634>
- Ramírez RS, Quintero E. 2016. Assessing extinction risk for mexican dry and cloud forest rodents: A case study. *Journal of Biodiversity & Endangered Species* **4**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000169>
- Raunkiaer C. 1934. The life forms of plants and statistical geography. Oxford: Clarendon.
- Rapoport E. 1975. Areografía: estrategias geográficas de las especies. Obras de Ciencia y Tecnología. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rivers MC, Taylor L, Brummitt NA, Meagher TR, Roberts DL, Lughadha EN. 2011. How many herbarium specimens are needed to detect threatened species? *Biological Conservation*, **144**: 2541-2547. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.014>
- Roberts DL, Moat J, McInerny G. 2005. What have herbaria ever done for us? The role of herbaria in conservation assessments. *Selbyana* **26**: 299-303.
- Sánchez-Cordero V, Cirelli V, Munguial M, Sarkar S. 2005. Place prioritization for biodiversity content using species ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics* **2**: 11-23.
- Schatz GE. 2002. Taxonomy and herbaria in service of plant conservation: lessons from Madagascar's endemic families. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **89**: 145-152. DOI: <https://doi.org/10.2307/3298559>
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2010. 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*. 2<sup>a</sup> Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Silva MF da. 1976. Revisão taxonômica do gênero *Peltogyne* Vog. (Leguminosae-Caesalpinoideae). *Acta Amazonica* **6**: 5-61.
- Simberloff D, Dayan T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual review of ecology and systematics* **22**: 115-143. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.22.110191.000555>
- Soberón J, Medellín RA. 2007. Categorization Systems of Threatened Species. *Conservation Biology* **21**: 1366-1367. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00784.x>
- Solano E, Feria TP. 2007. Ecological niche modeling and geographic distribution of the genus *Polianthes* L. (Agavaceae) in Mexico: using niche modeling to improve assessments of risk status. *Biodiversity and Conservation* **16**: 1885-1900. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9444-9>
- Soto-Arenas M, Gómez RS, Hágster E. 2007. Risk of extinction and patterns of diversity loss in Mexican orchids. *Lankesteriana* **7**: 114-121.
- Sotuyo S. 2014. El palo morado (*Peltogyne mexicana*), una leguminosa maderable con futuro incierto y parentales lejanos. *Revista Digital Universitaria* **15**: 1-8.
- Tambutti M, Aldama A, Sánchez O, Medellín R, Soberón J. 2001. La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica* **61**: 11-21.
- Thessen A. 2016. Adoption of machine learning techniques in ecology and earth science. *One Ecosystem*, **1**, e8621. DOI: <https://doi.org/10.3897/oneeco.1.e8621>
- Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, Erasmus BFN, Ferreira-de-Siqueira M, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, van-Jaarsveld AS, Midgley GF, Miles L, Ortega-Huerta MA, Peterson AT, Phillips OL, Williams, SE. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* **427**: 145-148. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Trejo I, Martínez-Meyer E, Calixto-Pérez E, Sánchez-Colón S, Vázquez-de-la-Torre R, Villers-Ruiz L. 2011. Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México. *Atmósfera* **24**: 1-14.
- Valverde PL, Zavala-Hurtado JA, Jiménez-Sierra C, Rendón-Aguilar B, Cornejo-Romero A, Rivas-Aranguría S, López-Ortega G, Pérez-Hernández MA. 2009. Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **80**: 219-230.
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**: 494-499. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>

- Wake DB, Vredenburg VT. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**: 11466-11473. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0801921105>
- Wiens JJ, Graham CH. 2005. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **36**: 519-539. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102803.095431>
- Willis F, Moat J, Paton A. 2003. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from eastern and southern tropical Africa. *Biodiversity & Conservation* **12**: 1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023679329093>
- Willis KJ. 2017. State of the World's Plants 2017. Report. Kew, Reino Unido: Royal Botanic Gardens.