



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.479>

Artículo de Revisión

## Revisión sobre la distribución y conservación de *Taxus globosa* Schltl. (Taxaceae) en México

### Review on the distribution and conservation of *Taxus globosa* Schltl. (Taxaceae) in Mexico

Liliana Muñoz-Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Susana E. Ramírez-Sánchez<sup>2</sup> y Mario Valerio Velasco-García<sup>1</sup>

#### Abstract

*Taxus globosa* is a conifer that has been little studied from the biological, ecological and reproductive point of view. It produces a pseudo-alkaloid called *taxol*, which acts against various types of cancer, including ovarian and breast cancer. In Mexico, this species is cataloged under special protection in the Mexican Official Norm NOM-059-SEMARNAT-2010, which implies that it could be threatened by negative factors that affect its distribution, development and regeneration. At the international level, it is included in the red list of the International Union for Conservation of Nature (UICN) as an endangered species. Therefore, it is necessary to know the range of distribution of the natural populations and understand their mechanisms of regeneration and propagation in order to develop technologies that will allow their domestication and production. The present review has compiled the bibliographic information on *T. globosa* and its current and potential distribution, and reviews the conditions of the populations, the association with other plant species, the number of juvenile and adult individuals, and aspects related to their regeneration and their conservation status, in order to identify the research lines of this forest resource, which contributes to the conservation and sustainable use of this species.

**Key words:** Conservation, natural distribution, potential distribution, ecology, reproduction, *Taxus globosa* Schltl.

#### Resumen

*Taxus globosa* es una conífera poco estudiada desde el punto de vista biológico, ecológico y reproductivo. Importante por la sustancia química que produce llamada taxol, útil en el tratamiento de cáncer de ovario y de mama, principalmente. En México está catalogada como especie Sujeta a Protección Especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, lo que implica que podría estar amenazada por factores negativos que inciden en su distribución, desarrollo y regeneración. En el ámbito internacional, se incluye en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie en peligro de extinción. Por lo anterior, es necesario conocer la situación que guardan las poblaciones naturales en su intervalo de distribución natural y comprender sus mecanismos de regeneración y propagación, para el desarrollo de tecnologías que permitan su domesticación y producción. En la presente revisión se recopiló la información existente acerca de *T. globosa* en México, se expone la distribución actual y potencial; además de revisar las condiciones de las poblaciones en cuanto a la asociación con otras especies vegetales, densidad de individuos adultos y juveniles, aspectos de regeneración, y en consecuencia del estado de conservación de las poblaciones. Con la finalidad de identificar líneas de investigación particulares de este recurso forestal que contribuyan a su conservación y aprovechamiento sustentable.

**Palabras clave:** Conservación, distribución natural, distribución potencial, ecología, reproducción, *Taxus globosa* Schltl.

Fecha de recepción/Reception date: 16 de diciembre de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 5 de julio de 2019

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal Universidad Autónoma Metropolitana. México.

\*Autor por correspondencia: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

## Introducción

*Taxus globosa* Schltl. pertenece a la familia Taxaceae (Cope, 1998), es una conífera dioica, perenne que se reproduce por semilla (Zavala, 2001). Es un árbol de lento crecimiento y porte pequeño, usualmente de 6 a 10 m de altura y diámetros normales de 30 a 40 cm (Shemluck *et al.*, 2003); produce taxol, sustancia útil en el tratamiento de varios tipos de cáncer, entre ellos cérvico uterino y de mama (Hansen *et al.*, 1994; Soto *et al.*, 2000; Zavala, 2001; Shemluck *et al.*, 2003; Barrales-Cureño y Soto-Hernández, 2012). Conocido también con el nombre de tejo mexicano, palmira, tascal (Zavala, 2001, 2002); en el norte de México se le denomina chiper y romerillo, o granadillo en el centro y sur del país (Contreras y Luna, 2001; Soto *et al.*, 2011).

De los cuatro taxa nativos de *Taxus* del hemisferio occidental, la menos conocida, hasta hace algunos años, era la especie mexicana *Taxus globosa*, la cual se distribuye de manera esporádica desde la parte central de la región noreste (Nuevo León y Tamaulipas), la cuenca del Golfo y Eje Neovolcánico Transversal hasta el sur de Honduras (Zamudio, 1992; Zavala, 2001, 2002; Spjut, 2007b). Spjut (2007a; 2007b) menciona que existen dos variedades: *T. globosa* var. *globosa* Schlecht. y *T. globosa* var. *floridana* (Nutt. ex Champ.) Spjut., cuya diferencia radica en la forma de las papilas en las hojas; en la variedad *globosa* son prominentes en la mayor parte de la superficie del envés y las células marginales en su mayoría son sinuosas, y se presenta desde El Salvador hasta el noreste de México; mientras que en la variedad *floridana* las papilas son menos prominentes en la nervadura central y en la zona marginal, las células marginales son más o menos rectangulares, y únicamente se encuentra en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz.

Las especies del género *Taxus* son coníferas susceptibles de aprovechamiento forestal (postes, leña y carbón); además de, su utilización farmacéutica, ya que producen el fármaco conocido como taxol, el cual es importante en el tratamiento de cáncer ovárico y de mama (Wani *et al.*, 1971), y resulta promisorio en otros tipos de tumores malignos (Arbuck y Blaylock, 1995). Químicamente, el taxol es un pseudoalcaloide diterpénico, aislado hace poco más de 20 años de la corteza del tejo del pacífico o

americano (*Taxus brevifolia* Nutt.); la cual es delgada (cerca de 3 mm). Un árbol de cien años en promedio produce 3 kg de corteza, de ellos se aíslan solo 300 mg de taxol (Appendino *et al.*, 1994); En cambio, en el taxón mexicano los niveles de taxol varían entre 0.013 % en 20 gramos de follaje a 0.0085 % en 20 gramos de corteza (Soto *et al.*, 2000); la mayor proporción del principio activo en el follaje le confiere un particular interés, debido a que su aprovechamiento se haría a partir de este, ya que el descortezamiento causa la muerte de la planta.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es mostrar el estado del conocimiento sobre la distribución natural y potencial de la especie en México, las asociaciones vegetales, el estatus de conservación, y los aspectos reproductivos de *Taxus globosa*. Con la finalidad de orientar las investigaciones futuras sobre esos tópicos para promover medidas de conservación y técnicas de aprovechamiento sustentable.

## **Distribución actual y potencial**

*Taxus globosa* es una especie nativa de México y del norte de América Central (Zamudio, 1992; Spjut, 2007). Su intervalo latitudinal de distribución corresponde a 25°23' norte en el estado de Nuevo León, México, hasta 14°19' norte en el departamento de Chalatenango, El Salvador (Contreras-Medina *et al.*, 2011) (Shemluck *et al.*, 2003). En México, su distribución es esporádica a lo largo de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (Contreras y Luna, 2001); San Luis Potosí (García y Castillo, 2000); en la Sierra Juárez en Oaxaca (Zamudio, 1992), y en Los Altos de Chiapas (Contreras y Luna, 2001).

También, se encuentra en los bosques templados de Guatemala, ubicados en la Reserva de la Biósfera "Las Minas", Sierra de los Cuchumatanes y Cadena Volcánica (Standley y Steyermark, 1958; Parker, 2008); en el sur de El Salvador, en la cima del Cerro del Pittla (Moldenke y Moldenke, 1984); y en el oeste de Honduras, en los parques nacionales Santa Bárbara, Celaque y Tilarán, este último considerado como

el límite más al sur de su distribución (Zamudio, 1992; Contreras-Medina *et al.*, 2010,2011; López y García, 2015) (Figura 1).



Tomado de López y García (2015).

**Figura 1.** Distribución geográfica de *Taxus globosa* Schtdl.

*Taxus globosa* requiere de condiciones microclimáticas muy particulares para su establecimiento, que incluyen niveles específicos de luz, agua, temperatura y humedad determinados por la microtopografía del sitio (García y Castillo, 2000; Contreras y Luna, 2001). Al respecto, Sánchez (2012) indicó que en dos localidades de Veracruz, las poblaciones de *Taxus* se localizaban en sitios con temperaturas promedio de 14.5 y 15.4 °C, con humedad relativa superior a 80 % y niveles de luz de 2.5 a 3.2 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>; asimismo, García y Castillo, 2000 las registraron en cañadas con exposiciones norte-noreste.

En particular, las poblaciones mexicanas están geográficamente restringidas y no forman grandes rodales (López y García, 2015), al parecer su distribución en parte

está influenciada por factores históricos de cómo ingresaron las coníferas a México y América Central por la parte norte del hemisferio en la segunda mitad del periodo Terciario (Mirov, 1967; Hils, 1993); por lo que para Rzedowski (2006) es una de las especies de distribución discontinua que establecen una relación florística con el este de América del Norte (Estados Unidos de América y Canadá) y forma parte del bosque caducifolio en Estados Unidos de América (*Taxus brevifolia* Nutt.) y del bosque mesófilo de montaña de México y América Central (*Taxus globosa*) (Zavala, 2001) en su proceso de migración hacia el sur, como se ha sugerido para otros taxa y asociaciones vegetales (Pearson y Dawson, 2003).

Existen estudios que amplían el conocimiento de la distribución geográfica y potencial de la especie mediante la estimación del nicho ecológico. a partir del uso de algoritmos como *Maxent* y *Bioclim* (Contreras-Medina *et al.*, 2010, 2011; García-Aranda *et al.*, 2012a, 2012b; López y García, 2015). Sobre el particular, Contreras-Medina *et al.* (2010) generaron mapas de distribución potencial empleando tres escenarios de distribución por cambio de uso de suelo, en diferentes épocas y con modelos generados con *Maxent* de la distribución potencial remanente de las especies en áreas naturales protegidas (ANP) federales y regiones terrestres prioritarias para la conservación (RTP). En relación con este trabajo, Contreras-Medina *et al.* (2011) señalan que *T. globosa* solo se ha registrado en siete ANP de toda Mesoamérica; de las cuales, cuatro pertenecen a México con 19.67 % de cobertura (Cuadro 1). Adicionalmente, los puntos de presencia de *T. globosa* que se ubicaron a menos de 5 km de distancia de los límites de alguna ANP fueron seis, aunque se considera que en dos de ellos difícilmente estaría la especie, debido a las características prevaletentes de clima tropical y seco en ambos: Valle de Tehuacán-Cuicatlán y Barranca de Metztitlán (Cuadro 2). López y García (2015) localizaron 75 poblaciones distribuidas en nueve estados (Cuadro 3).

**Cuadro 1.** Áreas Naturales Protegidas en México donde se tienen registros de *Taxus globosa* Schltl.

Área Natural Protegida	Núm. de registros	% ocupado del ANP
Parque Nacional Cumbres de Monterrey	3	0.16
Tierras de Manejo Comunitario La Tierra del Faisán	1	1.03
Parque Nacional El Chico	7	18.25
Reserva de la Biósfera Sierra Gorda	9	0.23
Total	20	19.67

Modificado de Contreras-Medina *et al.* (2011).

**Cuadro 2.** Áreas Naturales Protegidas en México donde se tienen registros de *Taxus globosa* Schltl. cercanos a sus límites (a menos de 5 km).

Área Natural Protegida	Distancia (km)
Zona de Restauración Ecológica del Lobo Mexicano El Saucillo, Nuevo León	3.74
Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo	4.88
Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz	1.88
Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz-Puebla	2.14
Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca-Puebla	0.77
Zona de Conservación Comunitaria Santo Domingo Cacalotepec, Oaxaca	2.08

Modificado de Contreras-Medina *et al.* (2011).



**Cuadro 3.** Poblaciones localizadas de *Taxus globosa* Schltl. en México.

Estado	Núm. de poblaciones	Latitud (Extrema-inferior)	Longitud (Extrema-inferior)	Altitud (m)
Nuevo León	16	25°22'35"	100°13'15"	1 460
		23°53'25"	99°47'29"	2 650
Tamaulipas	12	23°55'20"	99°28'18"	1 300
		23°02'48"	99°14'50"	1 400
San Luis Potosí	1	21°55'40"	100°16'40"	2 000
Querétaro	8	21°27'26"	99°07'48"	1 980
		21°08'14"	99°41'06"	2 620
Hidalgo	9	20°22'01"	98°20'22"	2 260
		20°05'23"	98°32'04"	2 630
Puebla	1	20°15'00"	98°12'00"	2 000
Veracruz	9	20°36'00"	98°26'20"	1 720
		19°09'00"	97°14'00"	2 500
Oaxaca	16	17°40'29"	96°33'54"	2 400
		17°11'00"	96°24'00"	2 500
Chiapas	3	17°10'00"	93°10'00"	1 750
		16°50'00"	92°30'00"	2 300

Modificado de López y García (2015).

La distribución potencial de *T. globosa* para México sugiere la existencia de 35 259 km<sup>2</sup>, sin considerar el impacto causado por el cambio de uso de suelo (Contreras-Medina *et al.*, 2010); García-Aranda *et al.* (2012b) determinaron que el área potencial de distribución es muy reducida, de 9 650 km<sup>2</sup> (*Bioclim*) a 10 385 km<sup>2</sup> (*Bioclim*+Topografía como el modelo más significativo), que representan entre 0.49 a 0.52 % del territorio nacional.

Los modelos de distribución potencial muestran que existe una reducción importante del área, por la existencia de cambio de uso de suelo (Contreras-Medina *et al.*, 2010);

asimismo, las variables pendiente del terreno y precipitación del mes más seco son las de mayor influencia (García-Aranda *et al.*, 2012a). Contreras-Medina *et al.* (2010), al considerar el escenario de 1976, *T. globosa* cubría un área de 26 620 km<sup>2</sup> (reducción de 24.5 % de la vegetación original sin la intervención humana), para el 1996 calcularon 6 847 km<sup>2</sup> (reducción de 80.58 %) y para el 2000 estimaron 6 297 km<sup>2</sup> (reducción de 82.14 %).

Contreras-Medina *et al.* (2010) estimaron, para el año 2000, en 744 km<sup>2</sup> el área potencial de distribución de la especie dentro de las ANP, que representaba 11.8 % de la superficie potencial distribuida en 10 ANP a lo largo de la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre de Oaxaca (Cumbres de Monterrey, Sierra Gorda de Guanajuato, Sierra Gorda, Los Mármoles, Barranca de Metztitlán, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Cofre de Perote, Pico de Orizaba, Cañón de Río Blanco y Valle de Tehuacán-Cuicatlán). Cabe señalar que el área potencial ubicada en Chiapas no coincide con ningún ANP federal. La superficie potencial de *T. globosa* localizada en alguna de las regiones terrestres prioritarias (RTP) era de 3 052 km<sup>2</sup>, equivalente a 48.46 % del área potencial para el 2000; y corresponde con 15 RTP a lo largo de su área de distribución (Contreras-Medina *et al.*, 2010).

Con menores probabilidades de presencia, pero con base en los requerimientos ambientales de la especie se ha determinado que el hábitat potencial también se encuentra en los estados de Querétaro, Oaxaca, Guanajuato, Chiapas, San Luis Potosí, Coahuila, Estado de México, Tlaxcala, Morelos, Jalisco y Colima (Contreras-Medina *et al.*, 2011). *T. globosa* se registró para el Estado de México (Standley, 1926); sin embargo, no hay ejemplares de herbario que respalden esa información. No obstante, el modelo del nicho ecológico predice su existencia en dicho estado (Contreras-Medina *et al.*, 2010).





## Asociaciones vegetales y dendrometría

*Taxus globosa* crece en el dosel medio e inferior, bajo la sombra de otros árboles de porte mayor, en ambientes con alta humedad relativa, cercanos a escurrimientos de agua intermitentes o permanentes (Soto *et al.*, 2011); en exposiciones norte-noreste (García y Castillo, 2000; García-Aranda *et al.*, 2012a), con pendientes variadas; por ejemplo, en las mesetas de San Isidro en Río Verde, San Luis Potosí (García y Castillo, 2000) es de 40 % y en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo son de 10 a 60 % (Zavala, 2001). Muestra fuerte preferencia por crecer en el fondo de cañadas húmedas y sombreadas gran parte del año, ya sea por la precipitación pluvial o por las nieblas frecuentes, crece en suelos ácidos, con buen drenaje y ricos en materia orgánica (Cortés *et al.*, 2000; Charco, 2007).

La especie coexiste en bosques de pino-encino con *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. ayacahuite* Ehrenb., *P. patula* Schltdl. et Cham., *Arbutus xalapensis* Kunth, *Quercus crassifolia* Bonpl., *Q. germana* Schltdl. et Cham., *Q. rysophylla* Weath., *Q. laurina* Bonpl., *Tilia mexicana* Schlecht., *Meliosma dentata* Urban., *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., y *A. vejarii* subsp. *mexicana* (Martínez) Farjon (García y Castillo, 2000; López y García, 2015); en el bosque mesófilo de montaña se asocia con *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch, *Liquidambar styraciflua* L., *Cornus disciflora* DC. (Luna *et al.*, 1994), *Fraxinus* sp., *Magnolia tamaulipana* A. Vázquez, *Ternstroemia sylvatica* Schltdl. et Cham. (García-Aranda *et al.*, 2012a), *Persea americana* Mill. y *Quercus affinis* Scheidw (García y Castillo, 2000) (Cuadro 4).



**Cuadro 4.** Distribución de *Taxus globosa* Schltld. y géneros asociados.

<b>Entidad</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Géneros asociados</b>
Hidalgo	2 500-2 600	<i>Abies, Quercus</i>
Querétaro	1 000-2 900	<i>Abies, Garrya, Pinus</i>
Nuevo León	2 600-2 700	<i>Pinus, Pseudotsuga, Abies, Quercus</i>
Oaxaca	2 000-3 000	<i>Pinus, Quercus</i>
San Luis Potosí	2 300-2 500	<i>Pinus, Garrya</i>
Tamaulipas	1 400-1 500	<i>Quercus, Liquidambar, Podocarpus, Acer</i>
Veracruz	1 900-2 500	<i>Cupressus, Pinus, Quercus</i>

Modificado de Zavala (2001).

La estructura, composición, riqueza y diversidad de la vegetación de los rodales de *T. globosa* se ha documentado de manera formal en pocos estudios, y en general se describen solo como observaciones de campo, por lo que se desconoce la estructura de edades de las poblaciones mexicanas, su crecimiento y desarrollo, así como sus mecanismos regenerativos. Así, las poblaciones del sector más sureño de la región del noreste de México presentan mayor área basal, altura y menor cobertura herbácea que las del norte, las cuales se localizan en lugares con más disturbio; asimismo, los sitios del sur se ubican a mayores altitudes, con una pendiente superior a la que prevalece en el norte; por lo tanto, la heterogeneidad ambiental, las características de las localidades y el grado de disturbio de las poblaciones son factores que influyen en su estructura (García-Aranda *et al.*, 2012a).

Los rodales de *T. globosa* suelen ser reducidos en densidad de individuos y en superficie; en cuanto a características dasométricas son muy variables entre poblaciones (Cuadro 5). En áreas más aisladas, alejadas de asentamientos humanos y con menor impacto antrópico directo (tala furtiva) o indirecto (manejo de ganado vacuno y caprino) existe mayor densidad de individuos. Aquellas áreas que están cercadas y protegidas del ganado, no poseen una gran densidad, pero si presentan una proporción más alta de individuos juveniles que de adultos (Zavala *et al.*, 2001).

Por otro lado, los lugares con un relieve escarpado, pendientes pronunciadas y alta pedregosidad tienen una gran densidad de plántulas, lo cual es indicativo de estabilidad y durabilidad de la población, como lo sugiere Iszcuño *et al.* (2005), para el tejo europeo.

**Cuadro 5.** Variables dasométricas en poblaciones de *Taxus globosa* Schltld. del centro de México.

Estado	Localidad	Densidad (individuos ha <sup>-1</sup> )	Altura media (m)	Altura máxima (m)	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Fuente
Veracruz	El Mirador	670	2.8	7.0	8.40	Sánchez, 2012
	El Saucal	310	1.1	1.9	0.24	
	Las minas	500	0.5	1.2	2.01	
Nuevo León		5 a 39	2.0	6.8	23.03	García-Aranda <i>et al.</i> , 2011
Tamaulipas		0.9	2.0	6.8	82.32	
Hidalgo	El Chico	6.6	4.5	-	-	Zavala, 2002
San Luis Potosí	Río Verde	-	-	8.0	-	García y Castillo, 2000

## Estado de conservación y reproducción

La especie es poco común en muchas de las localidades donde se ha registrado (Contreras *et al.*, 2001). Dado que se conoce poco sobre la distribución, densidad, estructura, composición y riqueza de sus poblaciones, está catalogada como Sujeta a Protección Especial (Pr) en la Norma Oficial Mexicana: NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010), lo anterior implica que podría estar amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación tanto de *T. globosa* como de las poblaciones de los taxones asociados. En el ámbito internacional, *T. globosa* se incluye en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie en peligro de extinción, debido a que su área de ocupación es inferior a 2 000 km<sup>2</sup>, probablemente, por la explotación pasada y actual, además de la deforestación del bosque mesófilo de montaña y demás ecosistemas en los que se desarrolla; factores que condujeron a la reducción del tamaño de las poblaciones, y que, posiblemente, continúe (González-Espinosa *et al.*, 2011; Thomas, 2013).

López y García (2015) señalan que, de 29 poblaciones de *T. globosa* evaluadas, 15 estuvieron en buen estado de conservación, con base en su regeneración natural aceptable; dos en estado inadecuado, por la baja densidad de individuos; y 12 en condiciones totalmente desfavorables y en riesgo de desaparecer, a consecuencia del cambio de uso del suelo, la deforestación y fragmentación del hábitat.

El aislamiento entre las poblaciones hace suponer la existencia de un limitado flujo genético; también, el aprovechamiento de esta y de otros taxones del dosel superior implican alto riesgo para la conservación de la especie (Soto *et al.*, 2011). Por lo anterior, para asegurar la preservación de las poblaciones naturales, es necesario conocer su biología y formas de reproducción; al respecto, se ha generado información muy local y puntual de sus características reproductivas, como lo documenta Zavala (2001) para poblaciones de El Chico, Hidalgo; formas de propagación y número de individuos masculinos y femeninos, así como la proporción de árboles juveniles y adultos, además de los aspectos referentes a su regeneración natural (Zavala, 2002).

Zavala *et al.* (2001) observaron que la regeneración parece basarse en la producción de semillas; aunque, en algunos lugares hay una notable producción de rebrotes, a partir de la base del tallo (López, 2008); característica que podría aprovecharse para su propagación y conservación *ex situ*. Sin embargo, para garantizar la permanencia y diversidad genética de las poblaciones, las semillas son las estructuras de mayor importancia; desafortunadamente, su producción es limitada y su germinación muy difícil (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2011).

La reproducción de *T. globosa* a partir de semilla ha sido infructuosa (Zavala-Chávez, 2001; Nicholson y Munn, 2003) debido a su embrión subdesarrollado, lo que indica una latencia de tipo morfológico (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2011). Ramírez-Sánchez *et al.* (2018) citan que su latencia tiene varias causas, entre ellas la fisiológica, lo que dificulta aún más la germinación; por lo que solo se ha tenido éxito con métodos vegetativos (Muñoz *et al.*, 2009).

Ramírez-Sánchez *et al.* (2011) determinaron que las variables morfológicas y las características físicas de la semilla de *T. globosa* muestran diferencias significativas

entre regiones geográficas, ya que las del norte de México son mayores que las del centro; dichas diferencias las atribuyeron a la fragmentación del hábitat, al tamaño reducido de las poblaciones y a la deriva génica, ya que las poblaciones del centro las integran de 10 a 200 individuos; mientras que en la región norte se estima que poseen de 1 000 a 5 000 individuos.

También, se ha observado una baja producción de semillas, lo que sugiere que la especie tiene un ritmo de regeneración interanual (López y García, 2015), para ello se requiere que la población tenga un número mínimo de adultos con adecuada proporción de sexos para lograr una polinización efectiva y tasas mínimas para la formación de semillas. En el Parque Nacional El Chico, de un total de 251 individuos, 29.9 % fueron adultos, de los cuales 44.0 % fueron femeninos y 56 % masculinos (Zavala, 2002). En cambio, Soto *et al.* (2011) determinaron que la proporción de hembras y machos es cercana a 50:50 en todas las poblaciones. Sin embargo, se producen pocas semillas, entre 6 y 15 semillas maduras por árbol; lo anterior responde a la cantidad de árboles maduros y juveniles presentes; por ejemplo, de 150 individuos observados, los individuos femeninos reproductivamente maduros fueron escasos (32 %) y más de la mitad (68 %) correspondieron a juveniles; estos últimos con un promedio de edad estimada de 10.6 años ( $\pm 8.0$ ), mientras que los de mayor y menor edad tuvieron 19 y 3 años, respectivamente (Zavala *et al.*, 2001).

Aparentemente, son pocos los juveniles que se incorporan a la población en los últimos años; esto podría indicar disminución poblacional o en la producción de semillas, pero se desconoce de cuántos individuos se compone la población completa, cuáles son sus edades, cuál es la producción anual de semilla, cuántas llegan a germinar y cuál es la supervivencia de las plántulas (Zavala *et al.*, 2001).



## Conclusiones

Dado el potencial de aprovechamiento de *Taxus globosa* con fines farmacéuticos, se requiere: a) desarrollar programas de recuperación y conservación de las poblaciones naturales de la especie; b) en algunas áreas naturales protegidas, es imprescindible emprender trabajo de campo para verificar su existencia y proponer su inclusión en los programas de manejo y conservación en las ANP. Asimismo, es necesario complementar los estudios sobre: a) distribución actual y potencial en México, ya que no existe un inventario de la distribución de las poblaciones naturales remanentes; b) estructura de la población que incluya el tamaño, número de individuos, de la proporción de sexos, de la situación del manejo y grado de disturbio que presentan las poblaciones; c) realizar estudios demográficos y ecológicos, así como generar conocimiento del ciclo reproductivo completo; d) identificar su sistema de cruzamiento para promover la producción de semillas en programas de domesticación de la especie; e) identificar la fauna dispersora de semillas; f) desarrollar métodos de propagación vegetativa para emprender acciones de conservación *ex situ* a través de jardines botánicos y unidades productoras de germoplasma forestal.

Ampliar el conocimiento en relación a la fisiología de la especie como forma de establecer medidas de conservación y manejo encaminadas a promover su permanencia *in situ* y su propagación *ex situ*. Identificar los factores que afectan a las poblaciones naturales como el cambio climático, o el grado de modificación del hábitat por el cambio de uso de suelo.

No hay programas de protección, repoblación artificial y de aprovechamiento de esta conífera; es deseable continuar con la multiplicación por enraizado de estacas, sobre todo de aquellos individuos sobresalientes por sus altos contenidos de taxol, para evaluar el control genético en esta característica y explorar la posibilidad de domesticación de la especie, a través de la implementación de plantaciones comerciales para el aprovechamiento de su principio activo; y generar información sobre la diversidad genética entre y dentro de las poblaciones.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **Contribución por autor**

Liliana Muñoz-Gutiérrez: revisión de literatura, redacción y corrección del manuscrito; Susana E. Ramírez-Sánchez: aporte de material bibliográfico y corrección del manuscrito; Mario Valerio Velasco-García redacción y corrección del manuscrito.

### **Referencias**

- Appendino, G., G. Cracotto, P. L. Gariboldi, B. Gabetta and E. Bombardelli. 1994. The chemistry and occurrence of taxane derivatives. The Photochemistry of Taxine B. *Gazzetta Chimica Italiana* 124:1-4.
- Arbuck S., G. and B. A. Blaylock. 1995. Taxol: Clinical results and current issues in development. *In*: Suffness, M. (ed.). Taxol: Science and Applications. CRC Press. Boca Raton, Florida. USA. pp. 379-415.
- Barrales-Cureño, H. J. y M. Soto-Hernández. 2012. Taxoides: metabolitos secundarios del árbol del tejo (*Taxus* spp.). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(2):207-218. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.02.017.
- Charco, J. 2007. El tejo en el norte de África. *In*: Serra, L. (ed.). El tejo en el Mediterráneo Occidental. Conselleria de Territori i Habitatge. Ministerio de Medio Ambiente. CAM. Madrilas, Ciudad Real, España. pp. 177-185.
- Contreras M., R. y I. Luna V. 2001. Presencia de *Taxus globosa* Schltld. (Taxaceae) en el estado de Chiapas, México. *Polibotánica* 12:51-56.

Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega y C. A. Ríos-Munoz. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio de uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:421-433.

Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega y J. C. Ramírez-Martínez. 2011. Representatividad del tejo mexicano (*Taxus globosa* Schltldl., Taxaceae) en las áreas naturales protegidas de Mesoamérica. *Spanish Journal of Rural Development* 2(2):51-60. Doi: 10.5261/2011.ESP2.06.

Cope, E. A. 1998. Taxaceae: The genera and cultivated species. *The Botanical Review* 64(4):291-322.

Cortés S., F. Vasco y E. Blanco. 2000. El libro del Tejo (*Taxus baccata* L.). Un proyecto para su conservación. ARBA.A. Madrid, España. 336 p.

García-Aranda, M. A., A. E. Estrada-Castillón, E. Jurado-Ybarra y D. U. González-Uribe. 2011. Análisis de once poblaciones naturales de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental. *Madera y Bosques* 17(1):93-104. Doi: 10.21829/myb.2011.1711156.

García-Aranda, M. A., A. E. Estrada-Castillón, C. M. Cantú-Ayala y M. Pando-Moreno. 2012a. Clasificación de nueve sitios de bosque mixto de coníferas con presencia de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León y Tamaulipas, México. *Botanical Sciences* 90(1):53-62. Doi: 10.17129/botsci.385.

García-Aranda, M. A., C. Cantú-Ayala, E. Estrada-Castillón, M. Pando-Moreno y A. Moreno-Talamantes. 2012b. Distribución actual y potencial de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 6(2):587-598.

García S., F. y P. Castillo L. 2000. Aspectos ecológicos de *Taxus globosa* Schlecht. en las Mesas de San Isidro, municipio de Río Verde, San Luis Potosí. *Biotam* 11(3):11-18.

González-Espinosa, M., J. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manriquez and A. C. Newton. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. *Fauna & Flora International*. Cambridge, UK. 153 p.



- Hansen R., C., K. D. Cochran, H. M. Keener and E. M. Croom. 1994. *Taxus* populations and clippings yields at commercial nurseries. *HortTechnology* 4(4):372-377.
- Hils, M. H. 1993. Taxaceae Gray: yew family. *In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America north of Mexico, Vol. 2. Pteridophytes and gymnosperms. Oxford University Press. New York, NY, USA. pp. 423–427.*
- Iszcuło, G., A. Boratyński, Y. Didukh, K. Romaschenko and N. Pryazhko. 2005. Changes of population structure of *Taxus baccata* I. during 25 years in protected area (Carpathians, Western Ukraine). *Polish Journal of Ecology* 53(1):13-23.
- López U., J. and X. García M. 2015. *Taxus globosa* Schltldl. (Taxaceae). Distribution and diagnosis of an endangered yew. *Earth Sciences* 4(3-1):80-88. Doi: 10.11648/j.earth.s.2015040301.13.
- López, H. M. 2008. *Taxus globosa* Schltldl., una especie medicinal en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. *In: Pulido F., G., A. L. López E. y M. T. Pulido S. (eds.). Estudios biológicos en las áreas naturales del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hgo., México. pp. 63-68.*
- Luna V., I., S. Ocegueda C. y O. Alcántara A. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del Municipio de Tlanchinol. Hidalgo. México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 65(1):31-62.
- Mirov, N. T. 1967. The genus *pinus*. The Royal Press. New York, NY, USA. 602 p.
- Moldenke, H. N. and A. I. Moldenke. 1984. An International census of the coniferae. *In: Silba, J. (comp.). Phytologia Memoirs VII. Plainfield, NJ, USA. 79 p.*
- Muñoz G., L., J. J. Vargas H., J. López U. and M. Soto H. 2009. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. *New Forests* 38:187-196. Doi: 10.1007/s11056-009-9139-6.

- Nicholson, R. and D. X. Munn. 2003. Observations on the propagation of *Taxus globosa* Schltl. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72:129-130. Doi: 10.17129/botsci.1673.
- Parker, T. 2008. Trees of Guatemala. The tree press, Austin, TX, USA. 1033 p.
- Pearson, R. G. and T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? Global Ecology & Biogeography 12:361-371. Doi: 10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x.
- Ramírez-Sánchez, S. E., J. López-Upton, G. García de los S., J. J. Vargas-Hernández, A. Hernández-Livera y O. J. Ayala-Garay. 2011. Variación morfológica de semillas de *Taxus globosa* Schltl. provenientes de dos regiones geográficas de México. Revista Fitotecnia Mexicana 34:93-99.
- Ramírez-Sánchez, S. E., J. López-Upton, J. J. Vargas-Hernández, O. J. Ayala-Garay, G. García de los S. and M. R. Soto-Hernández. 2018. Pregermination treatments of *Taxus globosa* seeds: Growth and *in vitro* embryo culture. Journal of Tropical Forest Science 30(4):528-536. Doi: 10.26525/jtfs2018.30.4.528536.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 504 p.
- Sánchez P., L. A. 2012. Caracterización del hábitat de *Taxus globosa* Schltl. (Taxaceae) en la Cuenca del Alto Pixquiac, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver., México. 55 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 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. 30 de diciembre de 2010. México, D.F., México. 77 p.

- Shemluck, M. J., E. Estrada, R. Nicholson and S. W. Brobst. 2003. A preliminary study of the taxane chemistry and natural history of the Mexican yew, *Taxus globosa* Schlttdl. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72:119-127. Doi: 10.17129/botsci.1672.
- Soto H., M., J. López U., J. J. Vargas H., L. Muñoz G. y R. San Miguel. 2011. Estado de conservación de *Taxus globosa* en México. Spanish Journal of Rural Development 2:61-68. Doi: 10.5261/2011.ESP2.07.
- Soto H., M., M. Sanjurjo, M. T. González G., D. Cruz V. y F. Giral G. 2000. El tejo mexicano (*Taxus globosa* Sch.). Potencial de su aprovechamiento en taxol. Ciencia Ergo Sum 7(3):277-279.
- Spjut, R. W. 2007a. Taxonomy and nomenclature of *Taxus* (Taxaceae). Journal of the Botanical Research Institute of Texas 1:203-289.
- Spjut, R. W. 2007b. A phytogeographical analysis of *Taxus* (Taxaceae) based on leaf anatomical characters. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 291-332.
- Standley, P. C. and J. A. Steyermark. 1958. Flora of Guatemala. Fieldiana Botany 24:60-63.
- Standley, P. C. 1926. Taxaceae. *In*: Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium 23:50-51.
- Thomas, P. 2013. *Taxus globosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T30724A2795235> (7 de septiembre de 2018).
- Wani, M. C., H. L. Taylor and M. E. Wall. 1971. Plant antitumor agents VI. The isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*. Journal of the American Chemical Society 93:2325-2327.

Zamudio R., S. 1992. Familia Taxaceae. *In*: Rzedowski, J. y G. Calderón (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 9. Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Michoacán, México. pp. 1-6.

Zavala C., F. 2001. Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schlecht en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. I: Población de adultos y algunas características del hábitat. *Ciencia Ergo Sum* 8(2):169-174.

Zavala C., F. 2002. Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schlecht en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. II. Población de juveniles y algunos datos de semillas. *Ciencia Ergo Sum* 9(2):177-183.

Zavala C., F., M. Soto H. y Ma. T. Rodríguez G. 2001. El romerillo (*Taxus globosa* Schlecht.): biología, dificultades y perspectivas de su uso. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7(1):77-94. Doi: 10.5154/r.rchsh.1999.02.016.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.