

# TAXUS GLOBOSA SCHLTDL. UNA ESPECIE MEDICINAL EN EL PARQUE NACIONAL EL CHICO, HIDALGO

Maritza López-Herrera

Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

## Introducción

Las características fisiográficas y climatológicas de México son bastante conocidas por heterogéneas, lo cual ha permitido que el país posea diversos recursos forestales. Muchas de las especies vegetales son abundantes y de distribución relativamente amplia, por lo que son susceptibles de aprovechamiento intensivo (Zavala-Chávez, 2001). Sin embargo, también existen en el país especies escasas y con una distribución tan restringida que apenas puede tomarse en consideración como recurso forestal potencial, aunque algunas de ellas son importantes por su uso medicinal o su carácter genético. Se trata de especies generalmente poco conocidas, cuya importancia permite considerarlas con alta prioridad para su investigación con fines de conservación y posible cultivo (Zavala-Chávez, 2001).

El género *Taxus* es una gimnosperma que pertenece al orden de los Taxales y a la familia Taxaceae. El género agrupa diez especies de plantas leñosas en el mundo, todas distribuidas de manera restringida (Cope, 1998); en México se conoce una especie representativa y endémica, *Taxus globosa* Schlecht, llamada comúnmente granadillo, romerillo, palmira o tlascal (Zamudio, 1992). Es una de las cuatro especies de *Taxus* que existen en América (Cope, 1998) y se incluye en la norma oficial (NOM-059-SEMARNAT-2001) como sujeta a protección especial, debido a que crece en hábitats restringidos y es escasa; sin embargo, las poblaciones de esta especie son biológicamente viables y se encuentran peculiarmente adaptadas, generando con ello que también sea una especie ecológicamente poco conocida (Zavala-Chávez, 2001).

Las distintas especies de *Taxus* se usan localmente como leña, carbón o plantas de ornato, pero aún son escasamente conocidas en sus aspectos biológicos básicos

como su ciclo reproductivo, sus mecanismos de dispersión y los agentes específicos involucrados en su dinámica poblacional. Sin embargo, a causa del pseudoalcaloide diterpénico que producen, llamado taxol, que es un fármaco utilizado para fines terapéuticos en el tratamiento del cáncer cérvico uterino (Wheeler y Hehnen, 1993; Hansen *et al.*, 1994; Soto *et al.*, 2000), su potencial es alentador. Varias especies de *Taxus* se han estudiado sobre este tema en los diez años recientes. En Estados Unidos de América se cultivan al menos 16 variedades de *T. baccata* L. (especie europea) y *T. cuspidata* Siebold y Zucc. (especie asiática) como fuentes de materia prima para usos medicinales, lográndose a encontrar cultivares hasta de más de 30 mil plantas (Hansen *et al.*, 1994).

La escasez de *T. globosa* ha llamado la atención debido a que aparentemente es un recurso genético que puede estar en peligro, en caso de que no se logre su conservación *ex situ* y se promueva su permanencia *in situ*. Hacia el año 2000 se inició el estudio de esta especie a fin de conocer, en mediano plazo, su hábitat, el estado actual de sus poblaciones y mecanismos de propagación, así como sus principales aspectos relacionados con la síntesis de taxol (Soto *et al.*, 2000).

## Distribución geográfica del género *Taxus*

Hartzell (1991) mencionó que los individuos de *Taxus* se distribuyen a lo largo de las zonas templadas del hemisferio norte en Europa, Asia y América del Norte, en altitudes que van de 1500 a 3000 m. En Asia *Taxus wallichiana* se localiza en Afganistán, Birmania, China, India, Filipinas y Tíbet. En Europa predomina *Taxus baccata*, desde las islas británicas y la península escandinava hasta la cuenca del río Amur en Rusia.

En América del Norte, *Taxus brevifolia* se distribuye desde el norte de California hasta la cuenca del río Snake en Alaska; *Taxus floridiana*, en el noroeste de Florida; *Taxus canadiensis*, desde Manitoba hasta el sureste de Virginia, así

como en Indiana y el norte de Dakota; y *Taxus globosa*, desde la parte central de Nuevo León, pasando por la cuenca del Golfo y el Eje Neovolcánico Transversal, México, hasta el sur de Honduras en Centroamérica (Soto *et al.*, 2000).



**Figura 1.** Distribución mundial del género *Taxus* (Modificado de: The Gymnosperm database [www.conifers.org](http://www.conifers.org)).



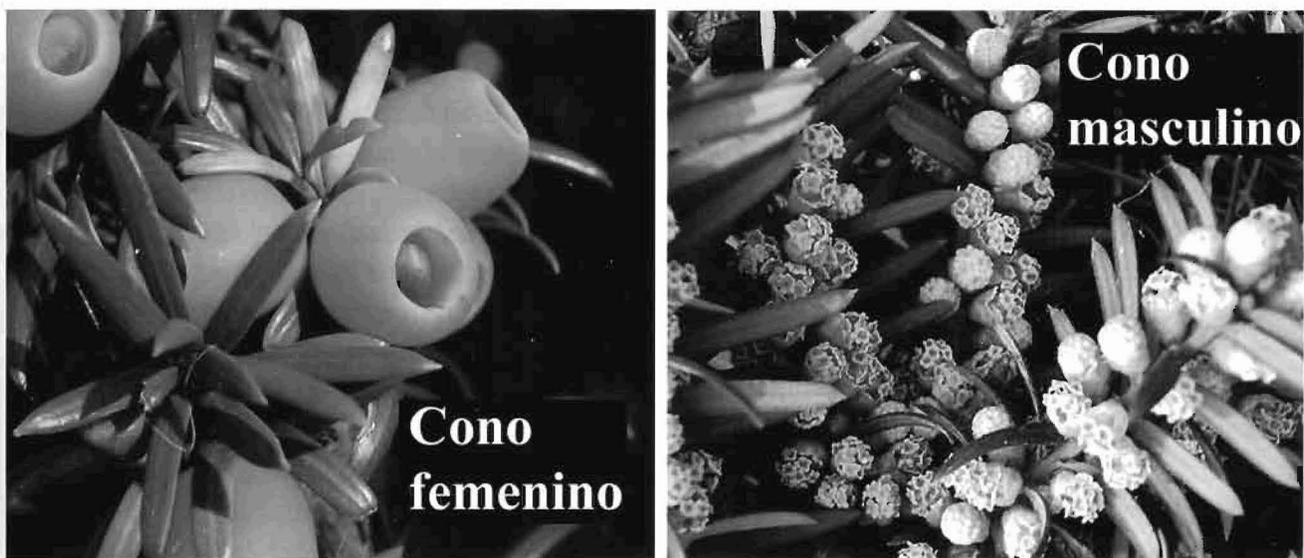
**Figura 2.** Distribución de la especie *Taxus globosa* en México.

## Generalidades de la especie

*Taxus globosa* fue descrita por Schelectendal en 1938, pero prácticamente no existen documentos sobre ello (Soto *et al.*, 2000). Anteriormente fue descrita como una subespecie de *Taxus baccata* L., pero en la actualidad se considera que las especies americanas son entidades independientes de la europea, debido principalmente a sus diferencias en hábitos y aislamiento geográfico. *T. globosa* se distingue de los demás tejos por tener hojas más largas y delgadas, dobladas hacia un lado, con el extremo terminal agudo y semillas ovoides y gruesas (SEMARNAT, 2004).

*T. globosa* comprende plantas tolerantes a la sombra cuyo crecimiento parece ser lento. Forma parte de distintos tipos de vegetación en el país; aparentemente es más común en bosques de oyamel, en altitudes que van de 1000 a 2800 m. Es una especie dioica, y sólo una porción de adultos, los femeninos, producen las semillas necesarias para su continuidad (Zavala-Chávez, 2002). Pero también puede encontrarse en bosques mesófilos de montaña, pino y oyamel, generalmente en el fondo de cañadas húmedas. Florece de diciembre a febrero y las semillas maduras se encuentran de septiembre a noviembre, mismas que maduran a fines del primer año (Figura 4) (SEMARNAT, 2004).

Es un árbol perennifolio, de 6 a 10 m de alto y de 30 a 50 cm de diámetro; por esto se menciona que el tejo mexicano es el más pequeño de las especies del género. Es muy ramificado; las ramillas son colgantes, al principio algo ascendentes pero después descienden, formando una capa redondeada o extendida; las ramas son café y la corteza es escamosa, de color café claro. Sus hojas jóvenes están distribuidas en espiral y cuando maduran se disponen aplanadas, lineares a linear-lanceoladas, ligeramente falcadas, de 2 a 3.5 cm de largo por 2 a 2.5 mm de ancho, con el extremo terminal agudo y la base angostada en un peciolo corto, los márgenes están ligeramente enrollados hacia arriba, de color verde oscuras en el haz y más claras en el envés. Los conos masculinos axilares se encuentran en la parte inferior de las ramillas, solitarios y rara vez en espigas cortas, subsésiles, rodeados por varias brácteas escuamiformes, con nueve a catorce estambres de filamentos cortos, agrupados en el ápice, con cuatro a siete sacos polínicos péndulos; los conos femeninos solitarios se encuentran en las axilas de las hojas, rodeados por varias brácteas membranosas de color verde, fuertemente imbricadas, las superiores gradualmente más grandes, casi formando una cúpula, lámina ovulífera anular en la antesis. Sus semillas maduras son ovoides, con testa dura, de 6 a 7 mm de ancho, cubiertas parcialmente por una



**Figura 4.** Conos femeninos (izquierda) y conos masculinos (derecha) de *Taxus baccata*, los conos femeninos se encuentran rodeados por un arilo carnoso de color rojo brillante. (E.Horak, [www.floranhm-wien.ac.at](http://www.floranhm-wien.ac.at)).

estructura carnosa de color rojo en forma de baya, embrión con dos cotiledones (SEMARNAT, 2004; Zamudio, 1992).

La regeneración de la especie se basa en la producción de semilla, pero en algunos lugares del estado de Hidalgo se ha encontrado una notable producción de rebrotes a partir de la base del tallo.

### Características poblacionales

La información presentada en este documento proviene de estudios realizados dentro del área del parque nacional El Chico, localizado en la porción occidental de la sierra de Pachuca, Hidalgo; en la parte central del estado y a 10 km de la ciudad de Pachuca, al norte de ésta, por la carretera federal 105 a Tampico. Se localiza entre las coordenadas geográficas 20°13' latitud norte y 98°44' longitud oeste. Zavala-Chávez (2001) realizó una evaluación preliminar de la población de árboles juveniles de *T. globosa* en este sitio y determinó que, de un total de 251 individuos, el 29.9% eran adultos, lo cual fue considerado por la presencia de estróbilos masculinos y de óvulos-semillas; del total de adultos, el 44% eran femeninos y el 56% masculinos. Estos datos muestran una relación de 1:1.3, pero sus resultados parecen sugerir que los individuos femeninos inician la función reproductora a una edad más temprana que los masculinos; además, determina que la cantidad de árboles femeninos parece ser pequeña para permitir un incremento natural vía semilla, debido a la baja producción que mostraron en los últimos tres años.

### Características de hábitat

La especie se localizó en varios sitios del área estudiada, principalmente a lo largo de las cañadas en cuyo fondo corre el arroyo Paraíso, en sentido sur-norte hacia el poblado de Mineral del Chico (Zavala, 1995). Se encontró en altitudes que descienden desde 2710 a 2530 m, entre los kilómetros 14.5 y 17 de la carretera estatal Pachuca-Mineral del Chico. Los individuos adultos se hallaron principalmente cerca del fondo de las cañadas y escasamente en las laderas de las mismas, pero sin que alguno haya estado en contacto directo con el agua de los arroyos (Zavala-Chávez, 2001).

La vegetación donde se presenta *T. globosa* es de

varios tipos. En los sitios de mayor altitud, es bosque de oyamel (*Abies religiosa*) con *Quercus glabrescens*, *Q. laurina*, *Prunus serotina* y *Buddleia parviflora*, en cañadas cuyas laderas presentan exposiciones al este y oeste, al noreste y sudoeste y el norte y sur, con pendientes que varían de 10° a 60°, en altitudes que van de 2630 a 2710 m. En estos lugares, los datos del suelo mostraron una temperatura de 7.8° a 10°C, una humedad relativa de 10 a 55% y un pH de 6.6 a 6.9 (Zavala-Chávez, 2001).

En los sitios de menor altitud la vegetación fue bosque de oyamel, variando de bosque de encino a bosque de oyamel-encino, con *Q. glabrescens*, *A. religiosa*, *Cornus disciflora*, *Ilex toluicana*, *Oreopanax xalapensis*, *Prunus serotina* y *Arbustus xalapensis*, en cañadas cuyas laderas presentan exposiciones al oeste y este, al noreste y sudoeste y al norte y sur, en altitudes que van de 2530 a 2580 m y pendientes de 40° a 60°. Los datos del suelo mostraron una temperatura de 7.2° a 7.8°C, una humedad relativa de 15 a 30% y un pH de 6.6 a 6.7 (Zavala-Chávez, 2001).

Los resultados y análisis del suelo mostraron un pH que varió de 5.1 a 6.3, con una conductividad eléctrica de 0.04 a 0.10 mmhos/cm. El total de materia orgánica observado fue de 8.7 a 26.1%; los niveles de nitrógeno, de 0.44 a 1.31%; los de potasio, de 4 a 20 ppm; y la clase de textura fue franca (Zavala-Chávez, 2001).

### Importancia medicinal del género

El estudio de las plantas medicinales se centra en las sustancias que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano y los seres vivos en general. Los principios activos de las plantas a las que se atribuyen efectos curativos pueden utilizarse en el tratamiento de un gran número de enfermedades. Tal es el caso del taxol, fármaco que ha encontrado un uso potencial principalmente en el tratamiento de cáncer ovárico, y ello resalta la inquietud acerca del manejo de los recursos naturales y su interés terapéutico.

El producto natural taxol, presente en varias especies del género *Taxus*, ha surgido como un fármaco importante en el tratamiento de cáncer ovárico (Wani *et al.*, 1971). Recientemente, este compuesto se ha liberado de las pruebas clínicas y se ha aprobado por la FDA; además, resulta

promisorio en otros tipos de tumores malignos (Arbuck y Blaylock, 1995; Wheeler *et al.*, 1992).

Muchos fármacos antitumorales, como la vinblastina y la colchicina, previenen la formación del huso mitótico durante la división celular e interfieren con el sistema tubulina-microtúbulos, pero el taxol actúa en forma diferente, ya que promueve el ensamblamiento de los microtúbulos e inhibe su desensamblamiento (Shiff *et al.*, 1979).

El taxol es una amida del complejo diterpénico aislado de la corteza del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia* Nutt.) hace más de 20 años. Su estructura poco usual dio origen a una nueva clasificación estructural de diterpenoides, conocida como taxano. En 1962, el Instituto Nacional de Cáncer realizó estudios con extractos crudos de la corteza de *Taxus*. El taxol fue identificado por Wani *et al.* (1971) como un constituyente activo del extracto de la corteza; sin embargo, su desarrollo clínico se retardó debido a su toxicidad y dificultades en la formulación, pero principalmente debido a su escasez. Para obtener 1 g de taxol se requieren 10 k de corteza que se aíslan de tres árboles de cien años. Le toma a la planta cerca de cien años alcanzar dimensiones de 25 cm de diámetro y de 6 a 9 m de altura, medidas adecuadas que permiten la explotación de su corteza; además, el descortezamiento mata a la planta (Appendino, 1993).

Las especies del género *Taxus*, son coníferas propensas al aprovechamiento forestal y a la utilización farmacéutica. *T. globosa* es considerada una planta venenosa en todas sus partes excepto el arilo, el cual es atractivo y comestible para aves. Esta naturaleza tóxica tiene gran importancia farmacológica y económica debido a la producción del pseudoalcaloide diterpénico, taxol, presente en la corteza, agujas y tallos jóvenes de los árboles y que tiene características anticancerígenas, por lo que se espera un aumento considerable en su demanda (Soto *et al.*, 2000; Zavala-Chávez *et al.*, 2001).

Existen pocos estudios de *T. globosa* que enfoquen su interés al taxol. Por ejemplo, Strobel *et al.* (1973) realizaron un estudio de la corteza de *T. brevifolia*, en el cual muestran en qué partes de la planta se acumula el taxol y describieron brevemente a *T. globosa*. Por otro lado, Herrera (1998) observó la presencia de uno de los análo-

gos del taxol (10-desacetilbaccatina III), obteniendo en el follaje cantidades de 0.15 mg/g de peso seco.

Soto *et al.* (2000) estudiaron el contenido de taxol en corteza y follaje (agujas y tallo) joven de árboles de *T. globosa* de aproximadamente 20 años, por cromatografía de líquidos (HPLC), y los niveles de taxol que encontraron oscilaron entre 0.013 en tallos, 0.0064 en agujas y 0.0085% en corteza. De estos datos se observa una mayor acumulación de taxol en follaje (agujas y tallos) que en la corteza.

La mayor proporción de taxol en el follaje de *T. globosa* le da un particular interés, debido a que la extracción del fármaco en esta especie se haría a partir del follaje y no de la corteza, lo cual contribuiría enormemente a su conservación. Por otro lado, puede plantearse la posibilidad de cultivo celular a partir de hojas que, posiblemente, contendrían mayor concentración de taxol, al seleccionar líneas celulares altamente productoras (Gibbson *et al.*, 1995).

### Métodos de propagación del tejo

En Estados Unidos existe ya toda una infraestructura en la producción de plantas del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*) con fines de producción de taxol. En México es necesario implementar estas técnicas para favorecer la protección de la especie en condiciones naturales y evitar la sobrexplotación de la misma.

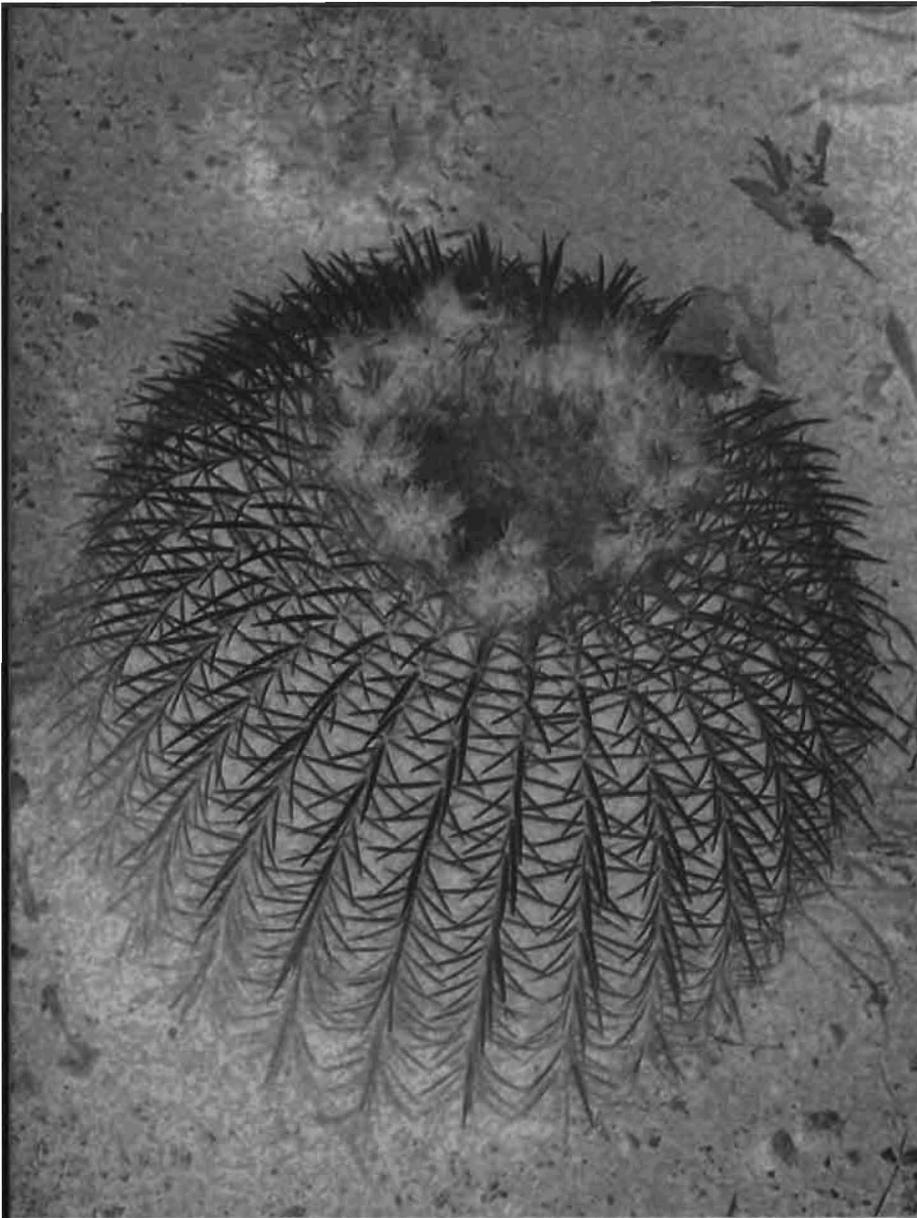
Para restaurar los sitios de distribución de donde se está explotando tejo del Pacífico se requiere de un método eficiente de propagación, y uno de estos métodos sería el recurrir a la propagación vegetativa del tejo. Existen protocolos basados en el método de injertos, en los cuales se han utilizado otras coníferas e inclusive otras especies de *Taxus*. La propagación por semillas no se considera una opción viable; con pocas excepciones, la producción de semillas de tejo mexicano, al igual que otras especies, es escasa y dispersa, además de que se conoce poco de la viabilidad de las semillas. La germinación del tejo del Pacífico es en ocasiones difícil de conseguir y requiere de largos periodos (más de dos años) de estratificación; en el caso del tejo mexicano no se tiene esta información. La propagación por capas ha sido observada en campo, pero en el laboratorio no ha podido llevarse a cabo con éxito, lo

cual, por el momento no es una estrategia viable con fines de conservación y explotación de la especie. Otro método que se ha probado fue el de trasplantar plantas juveniles generadas en campo y con este método se obtuvo un éxito moderado. Del 100% de plantas trasplantadas, sobrevivieron el 50%; además, es un método que requiere de mucho tiempo y de gran cuidado, ya que debe evitarse que las plantas sufran daño en la raíz al ser sacada y trasplantadas. Debido a todos estos inconvenientes en los sistemas de propagación antes mencionados, se ha determinado que el mejor es el de propagación por estacas.

Este método se encuentra en estos momentos en etapa experimental y se ha tenido un éxito parcial. Por otro lado, se está ampliando el conocimiento con relación a la fisiología de la especie como forma de establecer medidas de conservación y manejo del tejo mexicano, encaminadas a promover su permanencia *in situ* y su propagación *ex situ*.

## Referencias

- Appendino, G., 1993. Taxol (plaquitaxel): Historical and ecological aspects. *Fitoterapia* 64:5-25.
- Arbuck, S. G., y B. A. Blaylock, 1995. Taxol: clinical results and current issues in development. *En*: M. Suffness (ed.). *Taxol: Science and Applications*. CRC Press. Boca Ratón, Florida. 379-415 p.
- Cope, E. A., 1998. Taxaceae: The genera and cultivated species. *The Botanical Review*. 64(4):291-322.
- Gibbson, A. M., R. M. Ketchumna, T. J. Hirasuma y M. L. Shuler, 1995. Potential of plant cell culture for taxane production. *En*: M. Suffness (ed.) CRC Press. Boca Raton, Florida. 71-95 p.
- Herrera, A. R., 1998. Metabolitos secundarios del tejo mexicano (*Taxus globosa* Schelecht.). Tesis de licenciatura, UNAM, México. 98 p.
- Hansen, R. C., K. D. Cochran, H. M. Keener y E. M. Croom, 1994. *Taxus* populations and clipping yields at commercial nurseries. *Hort Tech.* 4(4):372-377.
- Hartzell Jr., H., 1991. The yew tree a thousand whispers. *Hulogosi*, Oregon. 57-73 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación. 2002. 582 (4).
- SEMARNAT, 2004. Catálogo de especies vulnerables al aprovechamiento forestal en bosques templados de Oaxaca. México. 67-68 p.
- Shiff, P. B., J. Faht y S. B. Horwitz, 1979. Promotion of microtubule assembly *in vitro* by taxol. *Nature*. 277:655-667.
- Soto, H. M., M. Sanjurjo, M. A. González, V. D. Cruz y G. F. Giral, 2000. El tejo mexicano (*Taxus globosa* Schl.), potencial de su aprovechamiento en taxol. *Ciencia Ergo sum*. 7(3):277-279.
- Strobel, G. A., A. Stierle y W. M. Hess, 1973. Taxol formation in yew-Taxus. *Plant Science*. 92:1-12.
- Wani, M. C., L. H. Taylor, M. C. Wall, P. Coggon y A. T. Mcphail, 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.
- Wheeler, N.C. y T. Hehnen, 1993. Taxol, a study in technology commercialization. *Journal of Forestry*. 91(10):15-18.
- Wheeler, N., K. Jech, S. Masters, S. Brobst, A. Alvarado y A. Hoover, 1992. Effects of genetic, epigenetic and environmental factors on taxol content in *Taxus brevifolia* and related species. *Journal of Natural Products*. 55:432-440
- Zamudio, R. S., 1992. Familia Taxaceae. Flora del Bajío y de sus regiones adyacentes. Fascículo 9. Instituto de Ecología AC, Centro regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán. 6 p.
- Zavala, F., 1995. Encinos hidalguenses. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 133 p.
- Zavala-Chávez, 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*, UAEM, Toluca, México. 8(2):169-174.
- Zavala-Chávez, 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*, UAEM, Toluca, México. 9(2):177-183.



# Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo

**Editoras**

**Griselda Pulido-Flores  
Ana Laura López-Escamilla  
María Teresa Pulido-Silva**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
Luis Gil Borja  
*Rector*  
Humberto A. Veras Godoy  
*Secretario General*  
Marco Antonio Alfaro Morales  
*Coordinador de la División de Extensión*  
Octavio Castillo Acosta  
*Director del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería*  
Alberto Enrique Rojas Martínez  
*Jefe del Área Académica de Biología*  
Enrique Rivas Paniagua  
*Director de Ediciones y Publicaciones*

Portada: *Echinocactus grusonii*, cactácea de la región de Zimapán, Hidalgo.  
Fotografía: Ana Laura López—Escamilla.

Primera edición: 2008  
© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
Abasolo 600, Centro, Pachuca, Hidalgo, México, CP 42000  
Correo electrónico: editor@uaeh.edu.mx  
Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra  
sin el consentimiento escrito de la UAEH  
ISBN 970-769-133-6

# ÍNDICE

Presentación.....	5
Los científicos en la creación de las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo..... <i>Consuelo Cuevas-Cardona, Ana Paola Martínez-Falcón y Óscar A. Molina-González</i>	7
Plantas útiles de Medio Monte, San Bartolo Tutotepec, Hidalgo. Un criterio para establecer un área natural protegida..... <i>Miguel Ángel Villavicencio-Nieto y Blanca Estela Pérez-Escandón</i>	19
Los hongos poliporoides en las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo..... <i>Leticia Romero-Bautista y Ricardo Valencia-Garza</i>	29
Flora útil del parque nacional El Chico, Hidalgo..... <i>Miguel Ángel Villavicencio-Nieto y Blanca Estela Pérez-Escandón</i>	41
<i>Taxus globosa</i> Schltl. Una especie medicinal en el parque nacional El Chico, Hidalgo..... <i>Maritza López-Herrera</i>	63
Plasticidad foliar en el género <i>Quercus</i> . El caso de <i>Quercus crassifolia</i> (Humb. & Bonpl.) en el parque nacional El Chico, Hidalgo..... <i>Carmen Sánchez-Hernández, Antonio Álvarez-Delgadillo, Juan Carlos Gaytán-Oyarzún</i> <i>y Arturo Sánchez-González</i>	69
Bosquejo geológico y potencial paleontológico de la reserva Barranca de Metztitlán..... <i>Carlos Esquivel-Macías, Víctor M. Bravo-Cuevas, Katia González-Rodríguez,</i> <i>Miguel Ángel Cabral-Perdomo y Jesús Castillo-Cerón</i>	79
Conservación <i>ex situ</i> de cactáceas amenazadas de la barranca de Metztitlán, Hidalgo, por cultivo de tejidos vegetales..... <i>Ana Laura López-Escamilla y Laura Patricia Olguín-Santos</i>	87
Especies de helmintos introducidas como bioindicadores de la calidad ambiental en la laguna de Metztitlán, Hidalgo..... <i>Griselda Pulido-Flores y Scott Monks</i>	97
Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México..... <i>Scott Monks y Griselda Pulido-Flores</i>	107