



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i52.453>

Artículo

Distribución y conservación de *Quercus oleoides* Schltldl. & Cham. en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa
Distribution and conservation of *Quercus oleoides* Schltldl. & Cham. in the *Sierra del Abra Tanchipa* Biosphere Reserve

Luis Enrique Acosta Torres¹, Humberto Reyes Hernández^{1*}, Carlos Alfonso Muñoz Robles² y Edgar Gregorio Leija Loredó¹

Abstract:

Tropical oak forests (*Quercus oleoides*) are environmental regulators and provide wood products to the local inhabitants of the *Sierra del Abra Tanchipa* Biosphere Reserve; however, some human activities have modified considerably this vegetation community. The aims of this study were to determine the current and potential distribution of *Quercus oleoides*, to know its current use and define priority conservation areas. For the current distribution, documentary and herbarium review as well as fieldwork were made, and the modeling of the potential distribution was done by means of spatial analysis based on GIS. Several criteria assessed by experts were analyzed using the analytical hierarchy process (AHP) and multi-criteria evaluation to locate sites suitable for conservation. Within the Reserve and its influence area, *Quercus oleoides* is distributed as dispersed relicts. Its current distribution is associated with thin soils, gentle slopes and elevations < 350 m asl. It is likely that oak forests occupied an area > 15 000 ha in the past. However, the conversion of the original forest cover to agriculture and the intense use of this species have nearly led to its disappearance. The areas suitable for conservation comprise less than 200 ha, where protection and restoration strategies should be applied.

Key words: Conservation, potential distribution, multicriteria evaluation, *Quercus oleoides* Schltldl. & Cham., *MaxEnt*, *Sierra del Abra Tanchipa*.

Resumen:

En la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, los encinares tropicales (*Quercus oleoides*) actúan como reguladores ambientales y son un recurso maderable valioso para los pobladores locales; sin embargo, las actividades antrópicas han afectado considerablemente estas comunidades vegetales. Los objetivos de este estudio fueron conocer la distribución actual y potencial de *Quercus oleoides*, sus usos actuales y definir áreas prioritarias para su conservación. Se llevó a cabo una revisión documental, se consultaron herbarios y realizó trabajo de campo, además de un análisis espacial basado en Sistemas de Información Geográfica y una modelización de la distribución potencial. La definición de sitios prioritarios se realizó mediante una evaluación multicriterio, con base en un análisis jerarquizado (AHP) y en el conocimiento de expertos. En la Reserva y en su área de influencia, *Quercus oleoides* tiene presencia relictual y dispersa a lo largo de la sierra. Su distribución está asociada principalmente a suelos delgados, pendientes suaves y elevaciones menores a 350 msnm. La superficie que podría haber ocupado esta comunidad vegetal es superior a 15 000 ha, pero la remoción de la cubierta original para dedicar los terrenos a actividades agropecuarias y el aprovechamiento irrestricto de la especie han causado una reducción crítica de sus poblaciones. Actualmente el área propicia para su conservación es de aproximadamente 200 ha, donde es posible iniciar acciones para su restauración y conservación.

Palabras clave: Conservación, distribución potencial, evaluación multicriterio, *Quercus oleoides* Schltldl. & Cham., *MaxEnt*, *Sierra del Abra Tanchipa*.

Fecha de recepción/Reception date: 3 de noviembre de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 12 de febrero de 2019

¹Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. Correo-e: hreyes@uaslp.mx.

²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Introducción

Los encinos (*Quercus*: Fagaceae) integran uno de los grupos de plantas leñosas de mayor importancia ecológica y económica en todo el mundo (Valencia, 2004), en el que México ocupa el segundo lugar; así como el mayor centro de distribución de estas especies en el continente americano, con cerca de 161 especies de las 450 que existen en todo el planeta (Nixon, 1993; Challenger y Caballero, 1998). Desempeñan funciones ecológicas importantes, al actuar como reguladores ambientales, reducen la erosión del suelo, infiltran el agua y son hábitat de numerosas especies (Bacon, 1999; Arizaga *et al.*, 2009). Estos bosques están estrechamente ligados a zonas montañosas de clima templado, aunque no limitan su distribución a dichas áreas, pues también se les encuentra en regiones frías, cálidas, húmedas y semiáridas (Nixon, 2002; Rzedowski, 2006).

En el territorio nacional, los encinares tropicales caracterizados por la dominancia de *Quercus oleoides* Schltl. & Cham., se localizan a lo largo de la planicie costera del Golfo, desde Tamaulipas hasta el sur de Veracruz, en altitudes que no superan los 600 m, generalmente rodeados por selvas bajas y medianas (Pennington y Sarukhán, 2005; Rzedowski, 2006). Aunque muestran gran afinidad climática con estas últimas, el tipo de suelo es un factor determinante en su estructura fisonómica y composición florística (Márquez *et al.*, 2005).

Estas comunidades vegetales funcionaron como refugios florísticos y faunísticos durante el Pleistoceno, y lograron adaptarse a las condiciones climáticas cálidas predominantes en las bajas altitudes, aunque en la actualidad sobreviven como comunidades aisladas (Pennington y Sarukhán, 2005). La presión antrópica, asociada principalmente a la expansión de la agricultura, los incendios y la ganadería han acelerado su aislamiento (Challenger y Caballero, 1998; Zavala, 2000; Peña y Bonfil, 2003; Flores, 2007; FAO, 2016).

Al respecto, diversos estudios documentan la necesidad de generar, precisar y actualizar la información sobre la importancia ecológica, diversidad, distribución

actual y caracterización de los encinos en el país, para fines de restauración, conservación y aprovechamiento sostenible (Zavala, 1998; Encina y Villarreal, 2002; Luna *et al.*, 2003; Flores y Márquez, 2004; Flores, 2007; Sabás *et al.*, 2015).

Los enfoques actuales de conservación señalan que no basta con determinar la distribución potencial de una especie, también es necesario definir los sitios con mayor aptitud para su conservación (Eastman, 2012), discriminar áreas más vulnerables o ponderar el impacto de actividades humanas (Hernández, 2014), hecho que le confiere mayor complejidad a los análisis espacio-temporales.

La Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa (RBSAT) conforma uno de los últimos relictos de flora y fauna neotropical (Ortega, 2007), donde destacan ecosistemas únicos por la diversidad de especies endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, entre las que sobresale *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham. Este taxón está presente en las partes bajas de la sierra, y se restringe a una vertiente en la que se intercala con las selvas bajas caducifolias y subcaducifolias (Conanp, 2014; Sabás *et al.*, 2015). En la RBSAT los encinares tropicales fueron ampliamente utilizados por la población local para diversos fines, aunque en la actualidad su distribución y aprovechamiento es poco conocido (Reyes *et al.*, 2017).

Los objetivos de este trabajo fueron conocer la distribución actual y determinar la distribución potencial de *Quercus oleoides* en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y su área de influencia, además de reconocer sus usos actuales y delimitar las áreas prioritarias para su conservación. Se espera que el presente estudio establezca un precedente para que sea aplicado a otras especies, sobre todo aquellas en alguna categoría de riesgo (Eastwood y Oldfield, 2007).



Materiales y Métodos

Área de estudio

La RBSAT se ubica en la porción media Noroeste de la Gran Sierra Plegada o provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en los municipios Ciudad Valles y Tamuín en el estado de San Luis Potosí. Cubre una superficie de 21 464 ha que se extienden entre las coordenadas 22°05' y 22°24' N y 98°52' y 99°01' O (Semarnap, 1994) (Figura 1). Su área de influencia la conforman nueve localidades: Laguna del Mante, Los Sabinos Número Dos, Gustavo Garmendia (La Unión), León García, El Sabino del Obispo, El Aguaje, Las Palmas, Estación Tamuín y Fracción la Tima (Durán, 2018).

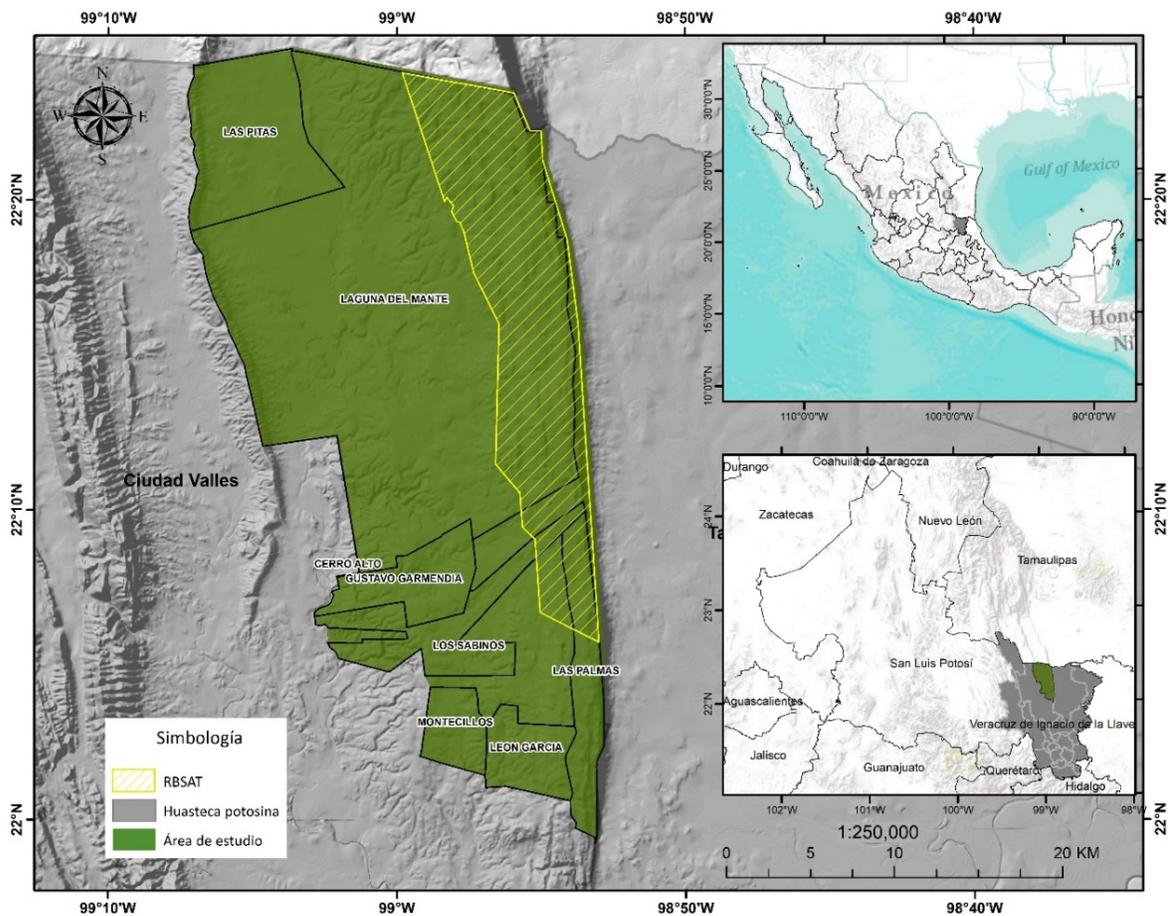


Figura 1. Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y su zona de influencia.

El clima predominante en la región corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw1(x') con una precipitación media anual de 965 mm y una temperatura promedio anual de 24.5 °C (Inegi, 2002; García, 2004). La Reserva se localiza en la región hidrológica 26 (RH26) Río Panuco, correspondiente a la cuenca del Río Tamuín, aunque las corrientes superficiales son escasas, posee ríos subterráneos conectados a través de diversos sótanos propiciados por el fracturamiento e infiltraciones de agua en las rocas calcáreas (Inegi, 2002). Los suelos predominantes corresponden a los Feozems y Leptosoles (Inegi, 1983).

La vegetación dominante corresponde a la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia. La primera se caracteriza por tener individuos en el estrato arbóreo con alturas de 4 a 15 m que pierden sus hojas en la temporada seca y la segunda por alcanzar alturas de 25 a 30 m con un follaje denso (Rzedowski, 2006; Miranda y Hernández, 2016).

Distribución actual

Se llevó a cabo la consulta con taxónomos y expertos en vegetación, así como una revisión y verificación de los registros de *Quercus oleoides* para el estado de San Luis Potosí, en el herbario Isidro Palacios (SLPM) del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se corroboraron los registros de la especie en la RBSAT y se georreferenciaron los sitios de colecta.

Con estos datos y con el apoyo de guías locales y expertos conocedores de la flora regional, se realizaron siete recorridos de campo en la Reserva y su área de influencia para verificar la presencia de la especie y obtener información complementaria de los sitios donde se desarrolla. Adicionalmente, se aplicaron 15 entrevistas semiestructuradas a algunos habitantes de los ejidos Laguna del Mante, Gustavo Garmendia y Los Sabinos, para conocer los usos principales de la especie, antiguas zonas de distribución, su importancia para los lugareños y acciones que podrían ser implementadas para su conservación.

Los puntos identificados durante los recorridos de trabajo de campo, así como los datos de los registros de colectas fueron representados en el Sistema de Información Geográfica Arcgis 10.3., para realizar un análisis espacial y determinar las principales características ambientales de los sitios donde se desarrolla la especie. Para ello se consideró: la altitud, la pendiente, la orientación de ladera, el tipo de suelo, la geología y los usos de la tierra. Estas capas de información con una resolución de 30 m de tamaño de píxel fueron consultadas del servicio digital de Inegi.

Distribución potencial

Para generar el modelo se usaron siete registros geográficos de las especies procedentes del herbario, así como los datos de 56 sitios georreferenciados en campo. Las principales variables ambientales consideradas en el análisis fueron: i) temperatura media anual; ii) precipitación anual (1970-2010), obtenidas de la base de datos *Worldclim* (Fick y Hijmans, 2017); iii) geología; iv) edafología (Inegi, 2007); v) altitud; y vi) pendiente, generadas a partir del modelo digital de elevación del terreno (CEM 3.0) (Inegi, 2013). Para estimar las contribuciones de cada variable, así como sus respectivos parámetros, se utilizó el algoritmo de máxima entropía del programa *Maxent* 3.4.1.

Durante la ejecución de *Maxent* se determinaron 35 puntos aleatorios de entrenamiento de sensibilidad máxima. La evaluación y contribución de cada variable ambiental a la predicción se basó en la estimación de los porcentajes de contribución relativa de *Jackknife* que definen las variables más importantes para el modelo (Phillips *et al.*, 2006). Asimismo, se utilizaron la prueba de evaluación de curva-característica de funcionamiento del receptor (ROC) y el área bajo la curva (AUC), que establecen la capacidad de discriminación del modelo y los valores de aptitud y rendimiento (Hanley y McNeil, 1982). Los valores del modelo se interpretan como

insuficientes en un intervalo de 0.50-0.70; pobre de 0.71-0.80; bueno de 0.81-0.90 y excelente de 0.91-1.0 (Araujo y Guisan, 2006).

Áreas con aptitud para la conservación

Se realizó una evaluación espacial multicriterio (EMC) por lo que se seleccionaron variables continuas y categóricas como elementos de medición y evaluación. Lo anterior implicó la multiplicación del valor de cada criterio estandarizado a una escala común y un rango de ponderación, para contar con alternativas múltiples a partir de los principios previos (Malczewski, 1999; Eastman, 2012).

Las variables elegidas para el análisis fueron agrupadas en tres componentes: ambiental, de presión antrópica y subsidios y rezago social (Figura 2) y se basaron en los criterios por Moffett y Sarkar (2006), Fabbro *et al.* (2014) y Hernández (2014). Éstas fueron: conectividad, pendiente, elevación, distancia a la Reserva, uso de suelo, susceptibilidad a incendios, grado de degradación, distancia a zonas agropecuarias (Inegi, 2017), distancia a carreteras, distancia a localidades (Inegi, 2011), subsidios (pago por servicios ambientales, PROCAMPO y PROGAN) e índice de rezago social.



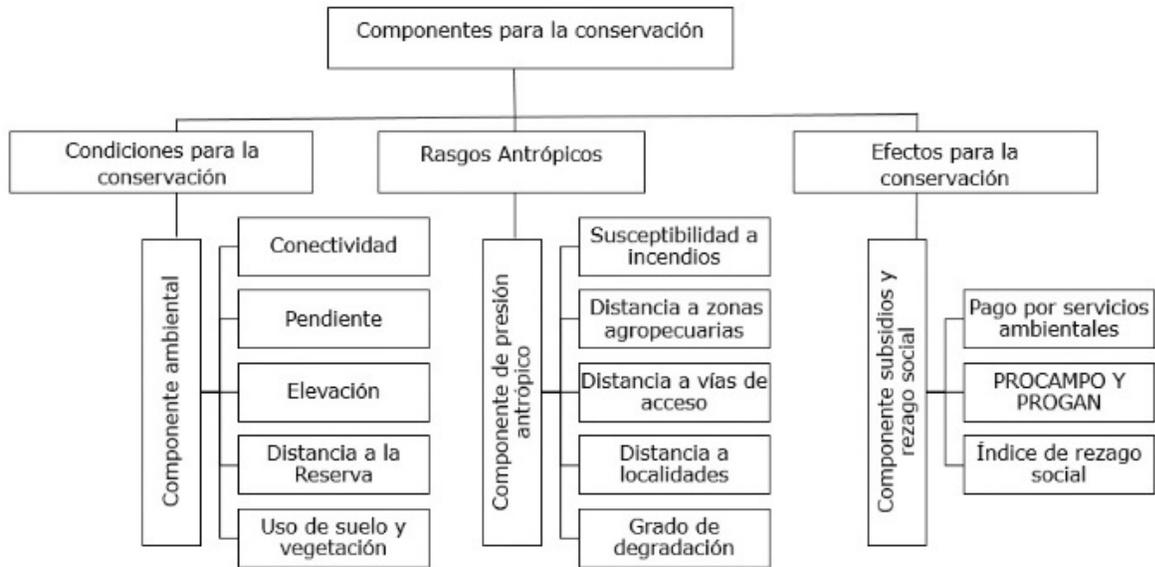


Figura 2. Esquema conceptual utilizado para la evaluación de áreas prioritarias para la conservación.

En el módulo de evaluación multi-criterio, los componentes se integraron en una sumatoria lineal ponderada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S = \sum W_i X_i$$

Donde:

S = Adecuación de la celda

W_i = Peso asignado al factor i

X_i = Valor del factor i

La estimación de los pesos y la ponderación de cada criterio implicó la consulta a expertos, a personal técnico de la Dirección de la RBSAT y a ejidatarios. Se aplicaron quince matrices de opinión y valor agregado para cada criterio. Los datos obtenidos se analizaron y se comprobaron mediante el *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que consiste en ponderar valores directos o comparaciones por pares e inconsistencias (Saaty, 2008). Los valores representados en una escala numérica (1 a 9) de acuerdo a su importancia, se incorporaron a una matriz de comparación (Eastman, 2012). Los pesos se integraron y calcularon en el módulo *Decision support Weight*, para promediar los resultados de todos los criterios en un nivel de consistencia menor a 0.1 (Clark Labs, 2015).

La estandarización consistió en transformar cada criterio en unidades comparables en el módulo *Fuzzy* a escala *byte* (0-255), en la que 0 representa el valor mínimo de la alternativa y 255 el máximo para la conservación. Los valores de la matriz de comparación (AHP) derivados de cada cuestionario se consensuaron para calcular los valores ponderados de importancia relativa. A partir de ello, se derivó una composición cartográfica de valores <44 no óptimos y > 195 muy óptimos para la conservación. Posteriormente la información fue estandarizada a cuatro niveles de importancia (no apto, bajo, medio y alto).

Resultados y Discusión

Distribución y uso de *Quercus oleoides*

En la RBSAT y su área de influencia se identificaron 56 sitios con *Quercus oleoides*, principalmente en los ejidos Laguna del Mante, Gustavo Garmendia y Los Sabinos Dos (Figura 3). En dichos espacios predominan los suelos someros (Leptosoles réndzicos), altitudes inferiores a 350 m, terrenos planos o con suaves pendientes ubicados en las partes bajas de la sierra. Los encinares de la RBSAT se desarrollan en su mayoría, sobre estratos rocosos de calizas y caliza-lutitas.

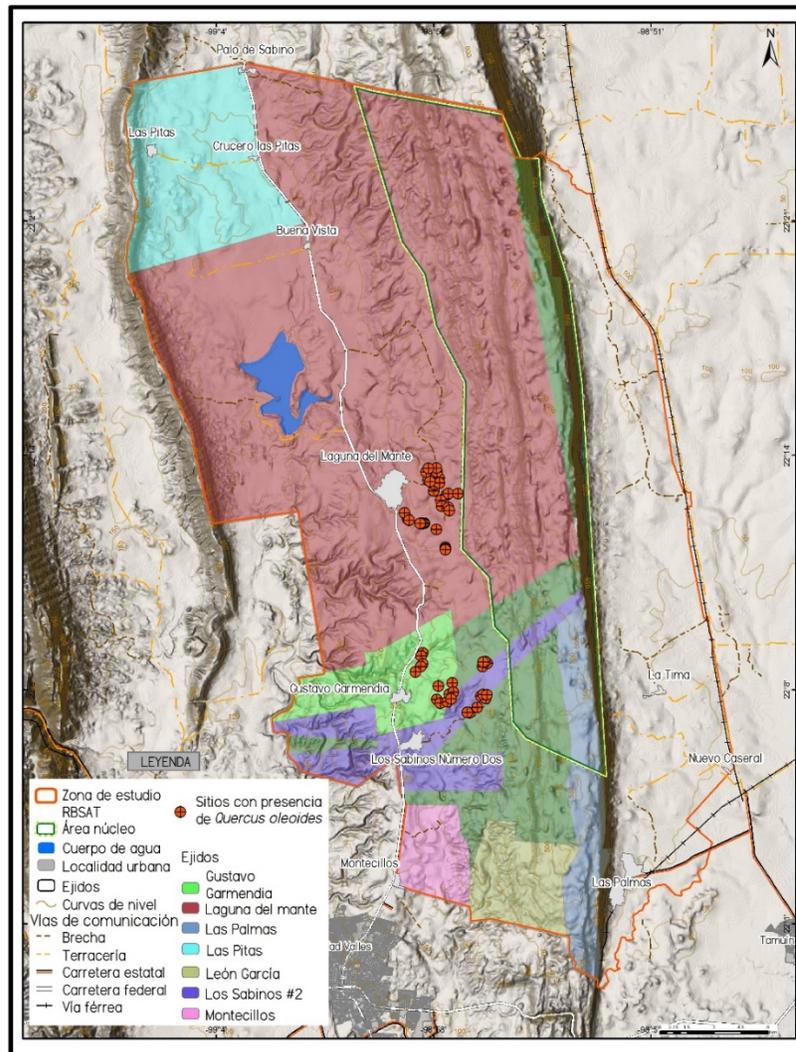


Figura 3. Presencia de *Quercus oleoides* Schltld. & Cham. en la RBSAT y su área de influencia.

En la mayoría de los sitios estudiados es común encontrar pocos individuos adultos (3 a 5). Los más longevos se localizaron en el ejido Los Sabinos con alturas promedio de 35 m y DAP de 331 cm, mientras que en Gustavo Garmendia algunos sitios reúnen ejemplares de hasta 25 m de altura y DAP de 220 cm. Los más jóvenes y de menor altura están presentes en los ejidos Laguna del Mante y Gustavo Garmendia donde los rebrotes son numerosos. Se identificó un gradiente ambiental relacionado con las características fisonómicas de los individuos, es

decir, los más desarrollados están agrupados en la porción sur de la RBSAT, la cual tiene mayor humedad y precipitación (Figura 3).

De acuerdo con la información recabada en las entrevistas, además de las grandes superficies cubiertas por los encinares que fueron removidos para dar paso a los campos agrícolas y praderas cultivadas entre 1960 y 1970, esta especie fue ampliamente aprovechada por los pobladores de la zona, para proveerse de carbón vegetal y de madera para la construcción de viviendas, lienzos y la elaboración de muebles. Los incendios forestales es otra de las razones que reconocen los pobladores como causas de su desaparición, lo que contra-argumentan algunos autores como Zavala (2000), Peña y Bonfil (2003) y Encina *et al.* (2007) quienes sostienen que el fuego es un factor que favorece la presencia de ciertas especies de encinos.

Una vez que se desmontan estos bosques, la presencia de incendios o quemas periódicas y el ramoneo del ganado en el sotobosque hacen que su recuperación sea más difícil (Flores, 2007), ya sea mediante el crecimiento o la regeneración de los tocones, ya que el ritmo de la especie es más bien lento.

Lo anterior pudiera explicar por qué los encinos de interés solo persisten como relictos dispersos en los terrenos poco accesibles y más restringidos del área de influencia de la RBSAT. La mayor parte de las comunidades humanas desconoce los efectos asociados a la deforestación, pero reconoce que es una especie nativa, que se le debe proteger.

Actualmente, la madera de encino, se emplea en labores de construcción de casas, elaboración de muebles en general, como leña, además de la elaboración de carbón y fabricación de utensilios de uso doméstico, lo que evidencia su importancia en las regiones tropicales del país (Pérez *et al.*, 2000; Pennington y Sarukhán, 2005; Rzedowski, 2006; Pérez y Dávalos, 2008; Montoya, 2009).

Distribución potencial

Entre los diferentes algoritmos de predicción de nichos ecológicos, *Maxent* es uno de los más utilizados y sus principales aplicaciones permiten la identificación de zonas de protección y conservación de especies amenazadas, la distribución potencial de flora y fauna, los efectos del cambio climático y la cobertura potencial de plagas y enfermedades infecciosas (Guisan y Zimmermann, 2000; Dudík *et al.*, 2004; Elith *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006; Phillips y Dudík, 2008; Austin, 2007; Mateo *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2014). Por ello, fue elegido para establecer la distribución potencial de *Quercus oleoides*.

La prueba *Jackknife*, que determina las variables más importantes para el modelo (Phillips *et al.*, 2006), mostró que la probabilidad de presencia del taxón de interés aumenta en áreas con suelos poco profundos, lo mismo que en terrenos de pendiente suave o planos y cuando la altitud es inferior a los 600 m. Del total de los sitios georreferidos en campo, 76 % se ubican en altitudes entre 300 y 325 m. Asimismo, 89 % de los registros de campo indica que la especie se desarrolla en terrenos planos o casi planos, en pendientes no mayores a 14° donde los suelos suelen ser más profundos por la acumulación de materiales. En ambos casos, coinciden con lo señalado por Rzedowski (2006) y Pennington y Sarukhán (2005).

Para el modelo, la edafología hizo la mayor contribución con 47.3 %, lo que coincide con lo señalado por Márquez *et al.* (2005), Pennington y Sarukhán (2005) y Rzedowski (2006), seguido de la pendiente (17.8 %) y la altitud (12.7 %). El resto de las variables aportaron menos de 10 %, y aunque la temperatura y la precipitación lo hicieron todavía menos, se considera que los climas cálido húmedos, con una precipitación anual de 965 mm y una temperatura media de 24.7 °C, influyen en la presencia de los encinares tropicales y explican su similitud fisionómica con las selvas (Pennington y Sarukhán, 2005).

La capacidad de predicción de los datos en el modelo de distribución mostró un AUC (curva ROC) de 0.988, con una desviación estándar de 0.002, interpretándose como una predicción de prueba óptima (Phillips *et al.*, 2006). Como resultado, *Quercus*

oleoides podría haberse extendido sobre una superficie de 15 528 ha de forma paralela a la sierra, desde los límites de Ciudad Valles hasta la presa La Lajilla (Figura 4). Las áreas más favorables para su eventual recuperación, se ubican al noroeste de la RBSAT, que coincide con lo referido por Sabás *et al.* (2015), quienes reconocen su presencia en la zona.

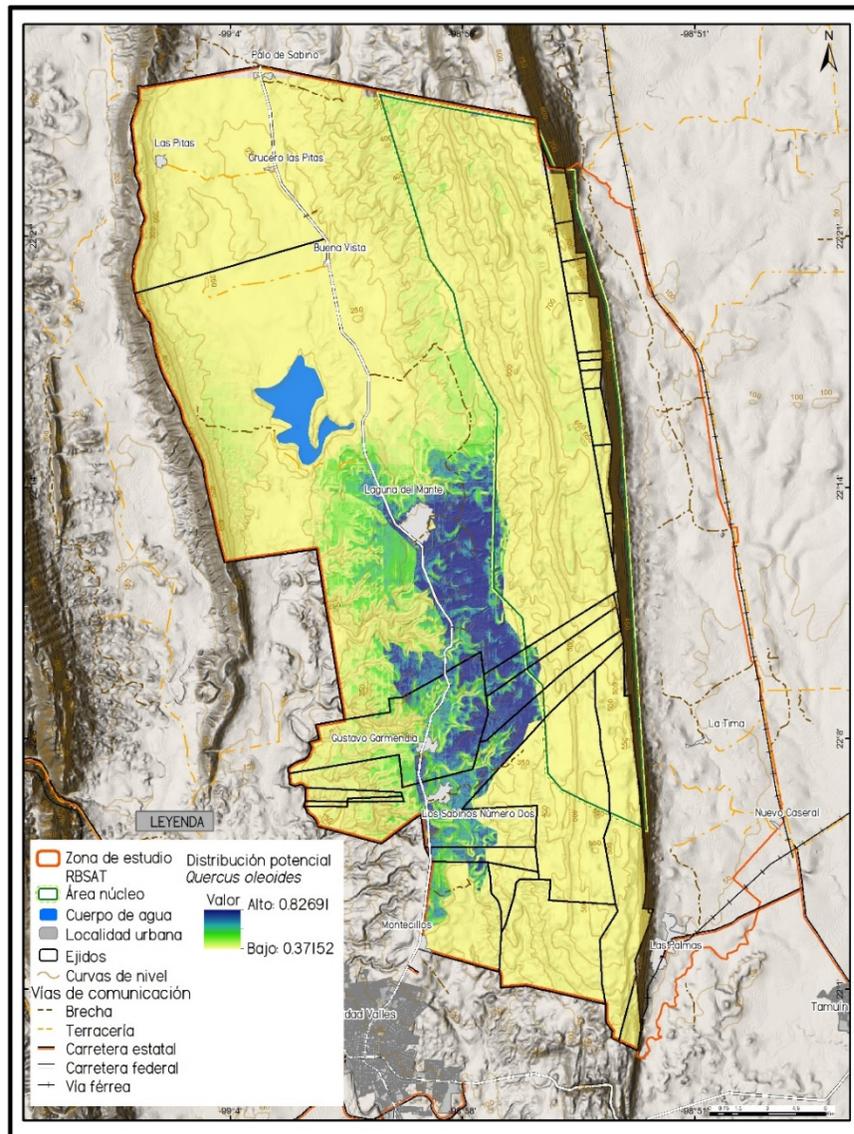


Figura 4. Distribución potencial de *Quercus oleoides* Schltld. & Cham. en la RBSAT y su área de influencia.

En la distribución potencial por ejido, la mayor superficie corresponde a Laguna del Mante, seguido de Gustavo Garmendia y Los Sabinos. De acuerdo con Zavala (2000), los factores antrópicos son determinantes para la presencia de la especie. Las observaciones y registros en campo permiten inferir que la presión humana y las actividades agropecuarias condicionan, en gran medida, la ausencia de esta especie en algunos lugares, a pesar de existir el ambiente propicio para su desarrollo.

Áreas con aptitud para la conservación

La identificación de las áreas con aptitud para la conservación se fundamenta en una serie de etapas que incluye la selección de indicadores cuantificables y variables para discriminar opciones, cuyo propósito es identificar zonas con condiciones y características que deban ser conservadas (Hernández, 2014).

El procedimiento implica seleccionar criterios que puede ser medidos y evaluados para tomar una decisión (Eastman, 2012). Se derivó una composición cartográfica de valores <44 no óptimos y > 195 muy óptimos para la conservación fuera del polígono de protección de la RBSAT. Posteriormente la información se clasificó en cuatro niveles de importancia (no apto, bajo, medio y alto). Se descartaron las áreas poco favorables para la conservación, por corresponder a usos de la tierra agrícola, ganadero o urbano (Figura 5).



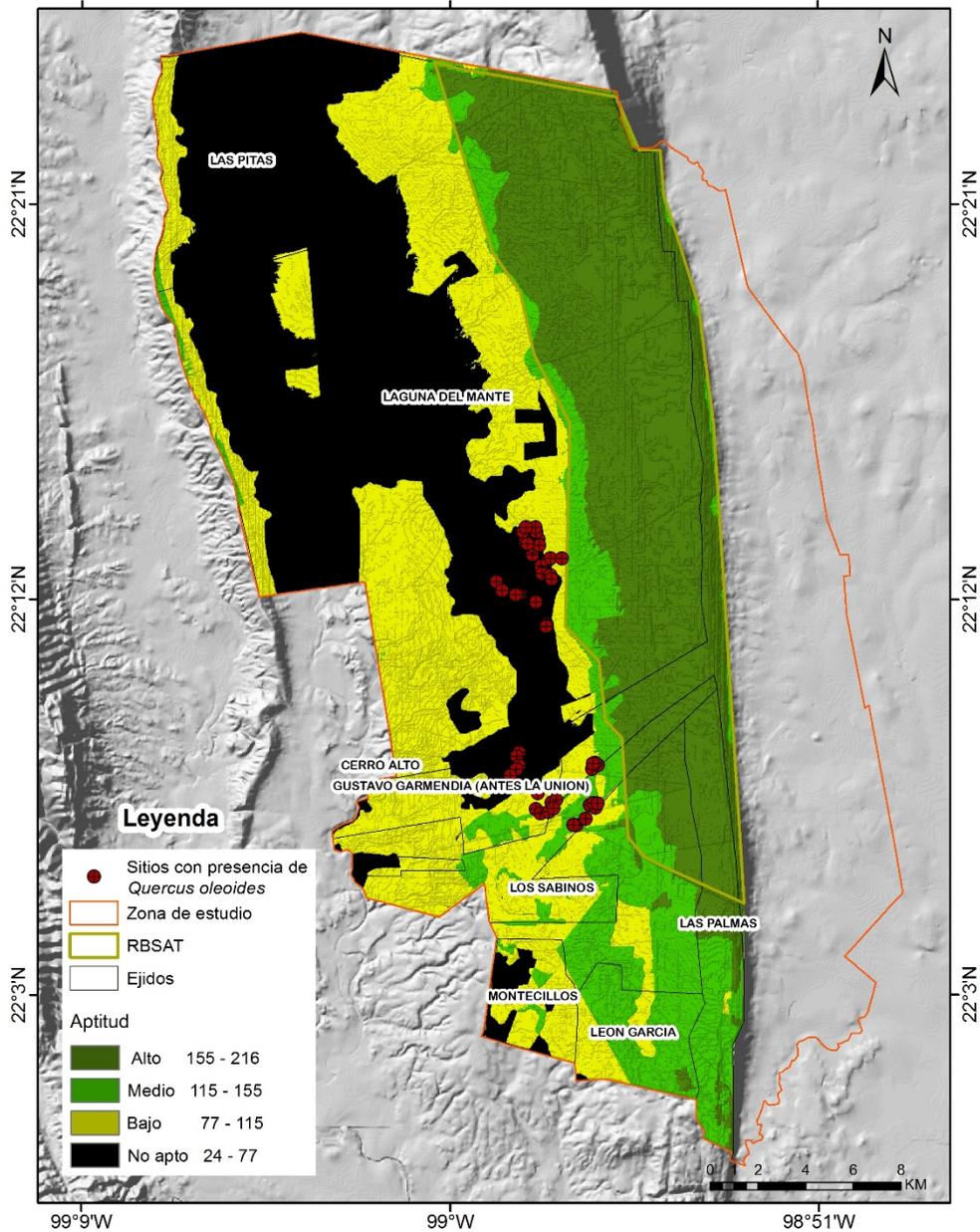


Figura 5. Áreas con mayor aptitud para la conservación de *Quercus oleoides* Schlttl. & Cham.

Las áreas con valores de 155-216 son zonas con alto potencial para la conservación y se asocian con ejidos apoyados por pago por servicios ambientales, mayor conectividad del paisaje y distancia al área protegida.

El siguiente nivel (115-155) indica una probabilidad media y se asocia principalmente con los aspectos de conectividad y distancia al área protegida, fundamentales para conservar áreas prioritarias (Moffett y Sarkar, 2006; Fabbro *et al.*, 2014; Hernández, 2014). Los valores inferiores a 114 son áreas no aptas o poco favorables para la conservación, por su cercanía a zonas con actividades agropecuarias y de crecimiento demográfico (Challenger y Caballero, 1998; Flores, 2007; FAO, 2016).

Las áreas con mayor aptitud para la conservación se localizan al suroeste de la Reserva, en los ejidos Laguna del Mante, Gustavo Garmendia, Los Sabinos y Las Palmas con una superficie estimada de 198 ha. Los componentes que contribuyen con mayor peso en la matriz de comparación (AHP) son: el componente ambiental en 37 %, los subsidios y el rezago social, con 34 %.

Conclusiones

Quercus oleoides Schltdl. & Cham. persiste en rodales aislados en la parte baja de la Gran Sierra Plegada, sobre terrenos ligeramente ondulados e inaccesibles, en suelos poco profundos y en altitudes no mayores a los 325 m. Los encinares tropicales fueron ampliamente aprovechados en décadas pasadas por los pobladores; los terrenos donde se desarrolla la especie fueron removidos para dar paso a cultivos y praderas. Estas son las razones que explican su presencia solo en forma de relictos y ejemplares restringidos al área de influencia de la RBSAT.

La mayor parte de la población desconoce los efectos asociados a la deforestación, pero reconocen que es un taxón nativo, que es importante protegerlo. Por lo que es necesario implementar acciones de restauración y conservación. En la zona, los encinares podrían haber ocupado cerca de 15 000 ha, aunque las áreas óptimas donde es posible lograr la conservación y restauración de los encinos con mayor probabilidad de éxito suman alrededor de 200 ha, donde, además, existen las condiciones ambientales propicias para su restauración.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los guías locales e informantes de las comunidades de Laguna del Mante, Gustavo Garmendia y Los Sabinos 2 y al personal de la Dirección de la RBSAT por el apoyo brindado para realizar la investigación. A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por haber otorgado el apoyo financiero mediante el convenio CONANP/PROCOCODES/3698/2017.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución por autor

Luis Enrique Acosta Torres y Humberto Reyes Hernández: diseño del estudio, definición de metodología, trabajo de campo, análisis de información, escritura del documento; Carlos Alfonso Muñoz Robles: definición de metodología, revisión y corrección del manuscrito; Edgar Gregorio Leija Loredó: apoyo en los recorridos de campo, revisión y corrección del manuscrito.

Referencias

Araujo, M. B. and A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modeling. *Journal of Biogeography* 33(10):1677-1688.

Arizaga, S., J. Martínez C., M. Salcedo C. y M. A. Bello G. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Semarnat. México, D.F., México. 147 p.

Austin, M. 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling* 200(1-2):1-19.

- Bacon J., R. 1999. La calidad genética de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Occidental de México, implicaciones para su manejo forestal. *Ubamari* 15(45):122-140.
- Clark Labs. 2015. TerrSet version 18. Geographic Analysis and Image Processing Software. Worcester, MA USA. 393 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2014. Programa de manejo Reserva de la Biosfera Sierra Abra Tanchipa. Semarnat, Conanp. México, D.F., México. 131 p.
- Cruz C., G., J. L. Villaseñor, L. López M., E. Martínez M. y E. Ortiz. 2014. Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(2):187-201.
- Challenger, A. y J. Caballero. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Conabio. México, D. F., México. 874 p.
- Dudík, M., S. J. Phillips and R. E. Schapire. 2004. Performance guarantees for regularized maximum entropy density estimation. *In: Proceedings of the 17th Annual Conference on Computational Learning Theory*. Princeton, NJ USA. pp. 472-486.
- Durán F., A. 2018. Antecedentes de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. *In: Reyes, H., A. de Nova y A. Durán. (coords.) Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Biodiversidad y acciones para su conservación*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Comisión Nacional de Áreas Protegidas-Reserva de la Biosfera Sierra Abra Tanchipa-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza-Universidad Autónoma de Tamaulipas. San Luis Potosí, SLP., México. pp. 11-42.
- Eastman, R. 2012. IDRISI selva. Guía para SIG y procesamiento de imágenes. Clark University. Worcester, MA USA. pp. 127-137.

- Eastwood, A. and S. Oldfield. 2007. The Red List of Oaks, IUCN. Fauna and Flora International. Cambridge, UK. 32 p.
- Elith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, L. Jin, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. M. Overton, A. T. Peterson, S. T. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberon, S. Williams, M. S. Wisz and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography* 29(2):129-151.
- Encina D., J. A. y J. A. Villarreal Q. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica* 13(1):1-23.
- Encina D., J. A., A. Zarate L., J. Valdez R. y J. A. Villarreal Q. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Botanical Sciences* 81:51-63.
- Fabbro N., F., E. M. Marques, F. S. Santos e M. Montano. 2014. Criterios técnicos e de participação social para a recuperação florestal: quais as diferenças na definição de áreas prioritárias. *Engenharia Sanitaria Ambiental* 19(4):353-360.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. El estado de los bosques del mundo. Roma, Italia. pp. 5-153. <http://www.fao.org/3/a-i5588s.pdf> (15 de junio de 2018).
- Fick, S. E. and R. J. Hijmans. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. <http://worldclim.org/version2> (15 de mayo de 2018).
- Flores R., C. I. y J. Márquez R. 2004. Estudio poblacional de *Quercus oleoides* Schl. et Cham. En un gradiente altitudinal del centro de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 6(1): 9-14.

Flores C., J. A. 2007. Análisis de gradiente y dinámica sucesional de bosque de encino (*Quercus*) en las sierras madre oriental y occidental de México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP., México. 95 p.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 5ª ed. México, D. F., México. 98 p.

Guisan, A. and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology: *Ecological Modelling* 135(135):147-186.

Hanley, J. A. and B. J. McNeil. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve: *Radiology* 143(1):29-36.

Hernández S., I. 2014. Criterios para identificar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur- Université de Sherbrooke. Chetumal, Q. Roo., México. pp. 43-67.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 1983. Geología Conjunto de datos vectorial Geológico escala 1: 250 000 Serie I (Continuo Nacional). <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/geologia/> (20 de mayo de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2002. Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí. Aguascalientes, Ags., México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825224240> (20 de mayo de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2007. Edafología Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1: 250 000 Serie II (Continuo Nacional). <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/edafologia/> (20 de mayo de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2011. Vías de comunicación Conjunto de datos vectorial vías de comunicación escala 1: 50 000 Serie I (Continuo Nacional). <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/viascomunicacion/> (20 de mayo de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2013. Continuo de elevación mexicano (CEM), representación visual y matemática de los valores con respecto al nivel del mar escala 1:50 000 versión 3.0 (Continuo Nacional). <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/relieve/continental/> (20 de mayo de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Uso del suelo y vegetación Conjunto de datos vectorial uso del suelo y vegetación escala 1: 250 000 Serie IV (Continuo Nacional). <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/ususuelo/> (20 de mayo de 2008).

Luna J., A. L., L. Montalvo E. y B. Rendón A. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Botánica Económica y Etnobotánica* 72(6):107-117.

Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria decision analysis. Department of Geography. University of Western Ontario. John Wiley and Sons Inc. New York, NY USA. 392 p.

Márquez R., J., L. C Mendizábal H. y C. I. Flores R. 2005. Variación de semillas de *Quercus oleoides* Schl.et Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7(1):31-36.

Mateo, R. G., A. M. Felisísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84 (2):217-240.

Miranda, F. y E. Hernández-X. 2016. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences* 28 (1): 29-179.

- Moffett, A. and S. Sarkar. 2006. Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions* 12(1):125-137.
- Montoya T., J. N. 2009. Diagnóstico participativo de los procesos de deforestación en dos comunidades de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP., México. 94 p.
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. *In*: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot and J. E. Fa. (eds.) *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press New York, NY USA. pp. 447-458.
- Nixon, K. C. 2002. The oak (*Quercus*) biodiversity of California and adjacent regions. USDA Forest Service PSW-GTR-184. Albany, CA USA. pp. 1-20.
- Ortega H., M. A. 2007. Fragmentation patterns and implications for biodiversity conservation in three biosphere reserves and surrounding regional environments, northeastern Mexico. *Biological Conservation* 134(1):83-95.
- Peña R., V. M. y C. Bonfil. 2003. Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Née) en la región de la montaña (Guerrero), Mexico. *Botanical Sciences* 72:5-20.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. Colección: Ediciones Científicas Universitarias, Serie: Texto Científico Universitario. México, D. F., México. pp. 55-59.
- Pérez O., C., R. Dávalos S. y E. Guerrero C. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6(1):3-13.

Pérez O., C. y R. Dávalos S. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Maderas y Bosques* 14(3):43-80.

Pérez O., C., R. Dávalos S. y E. Guerrero C. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6(1):3-13.

Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4):231-259.

Phillips, S. J. and M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2):161-175.

Reyes H., H., L. E. Acosta T. y E. Galarza R. 2017. Caracterización de encinares tropicales en la Reserva de la Biósfera Sierra del Abra Tanchipa. Conanp-Procodes. San Luis Potosí, SLP., México. 5 p.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., México. 1ª edición digital. 504 p.
<https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC16.pdf>
(15 de junio de 2018).

Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Service Science* 1(1):83-98.

Sabás R., J. L., J. Sosa R. y J. J. Luna R. 2015. Diversidad, distribución y caracterización básica del hábitat de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) del estado de San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences* 93(4):881-897.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1994. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Sierra del Abra Tanchipa, ubicada en los municipios de Ciudad Valles y Tamuín, San Luis Potosí, México. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4745247&fecha=27/09/1994
(15 de junio de 2018).

Valencia A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México (75):35-53.

Zavala C., F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. Polibotanica (8):47-64.

Zavala C., F. 2000. El fuego y la presencia de encinos. Ciencia Ergo Sum 7(3):269-276.