



REVISTA LATINOAMERICANA EL AMBIENTE Y LAS CIENCIAS



ISSN 2007-512X

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Número Especial
Memorias del XIV congreso internacional y
XX congreso nacional de ciencias ambientales
ANCA 2015

*"El aprovechamiento sustentable de los
recursos naturales nos beneficia a
todos"*

Reserva de derechos
04-2011-101313134800-203

CUERPO ACADÉMICO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



DIRECTORIO

Rector

Mtro. Alfonso Esparza Ortíz

Secretario General

Dr. René Valdiviezo Sandoval

Vicerrectora de Docencia

M.C.E. María del Carmen Martínez Reyes

Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

D. C. Ygnacio Martínez Laguna

Director de la Facultad de Ingeniería Química

Dra. Ma Auxilio Osorio Lamas

Consejo Editorial

Dr. José Carlos Mendoza Hernández (Editor)

Dra. Janette Arriola Morales

Dra. Gabriela Pérez Osorio

La Revista Latinoamericana El Ambiente y las Ciencias es una revista semestral que se publica electrónicamente en los meses de junio y diciembre de cada año, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con un numero certificado de reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de autor **04-2009-121512352000-01** con domicilio de la publicación en 4 sur 104, Centro, CP 72000, Puebla, Pue., publicada electrónicamente por el departamento de diseño del Sistema Universitario de Información SIU, correo electrónico rlac.fiq@correo.buap.mx, siendo el cuerpo académico Control de la Contaminación el responsable de la publicación. Revista Indexada en Latindex.

Prohibida su reproducción total o parcial de los artículos publicados en la Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias conforme a las disposiciones establecidas en la Ley Federal del Derecho de Autor. El contenido de los artículos publicados es responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos.

ISSN 2007-512X

RN_175 USO DE UN SIG Y GOOGLE EARTH™ PARA GENERAR UN MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL BOSQUE DE OYAMEL EN TAMAULIPAS.

Ochoa-Sandoval., P.E.¹, Requena L., G.N.², Treviño C., J.¹, C; A. López.¹, Morales P., J.F.² A. Guerra P².

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas,

² Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas.

División del Golfo 356. Col. Libertad. CP 87019. Cd. Victoria, Tamaulipas. Tel. y Fax (834) 318-18-00 ext. 1601. grequena@uat.edu.mx

Introducción

Los Oyameles o Abetos pertenecen al género *Abies*, que en México se encuentra representado por árboles de las montañas mexicanas, con poblaciones en la Sierra Madre Occidental y la Oriental, hasta la Sierra Norte de Oaxaca (Rzedowski, 2006; Castellanos-Acuña et al., 2014), en distintas entidades, como Distrito Federal, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, México, Guerrero y Tlaxcala, Oaxaca y Chiapas (Manzanilla, H. 1974). Domínguez (1991) menciona que en la parte septentrional de México, son más escasos y restringidos, mencionando que sólo existen dos áreas de importancia en la Sierra Madre Oriental, restringiéndose en Tamaulipas al Cerro San Antonio Peña Nevada. Se desarrollan en altitudes que van desde los 2 500 a 4 100 metros sobre el nivel del mar (msnm) en bosques frescos, y con alta pluviosidad, de veranos húmedos, y caída de nieve invernal; y se presentan en forma de manchones aislados, en cañadas, cerros o barrancos profundos, donde existe poca insolación y el suelo es rico en materia orgánica (Hernández, 1985; Rzedowski, 2006; Pineda-López, 2013). Forma asociaciones con otras especies, entre las que destaca *Pseudotsuga* sp., (Gómez- González, 2003).

Los mapas actuales de distribución de las comunidades vegetales mexicanas, como los de INEGI, se encuentran disponibles en formato digital a una escala de 1:250,000. Por lo tanto, el área mínima cartografiada es mayor al tamaño de relictos de oyamel observados en Tamaulipas, situados en algunas cañadas y cerros, con individuos de *Abies* formando bosquecillos, que no se han registrado oficialmente. Como no se ha estudiado su distribución real, y debido a las condiciones de los sitios, se puede realizar una estimación de los sitios de bosque en el estado. Esto se conoce como “distribución potencial” y, de acuerdo con Gámez (2011), ha resultado de gran utilidad en el país, pues en sus terrenos tan complejos y extensos no es posible obtener información de campo para cada especie estudiada y así obtener un mapa de distribución real.

Mateo *et al.* (2011) define esos modelos como “representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación”. Se basan en procesos geoestadísticos alimentados con datos reales de los sitios donde se observó en campo la especie en cuestión. Para generarlos, se han desarrollado paquetes computacionales, con distintos requerimientos de información y niveles de complejidad. El módulo *Spatial Analyst* para ArcView 3.2 es un programa simple de utilizar, que se alimenta de mapas en formato *raster* para realizar búsquedas booleanas de las condiciones que determinan la

presencia de la especie en los mapas analizados. Es especialmente útil para generar mapas de primera aproximación, que integran unas pocas características de búsqueda, ya que arroja un modelo binario (positivo indica que la ecuación de búsqueda es verdadera en un pixel particular) que puede restringir la búsqueda del nicho ecológico, de forma que una visita al campo sea más dirigida.

Para complementar la primera aproximación al estudio del nicho de una especie, es posible utilizar imágenes de satélite de muy alta resolución (en algunos lugares de 70 cm el pixel o menores), como las disponibles en forma gratuita por el visualizador Google Earth™. Además del libre acceso a la imagen satelital, permite observar en conjunto con un modelo digital de elevación el relieve del terreno, así como fotografías reales de los sitios, que comparten los usuarios que han visitado el lugar. Permite añadir y exportar e importar puntos, líneas o polígonos y hacerlos compatibles con formatos disponibles para programas de SIG o de manejadores de GPS. Por lo tanto, resulta extremadamente útil para observar fenómenos superficiales tales como la presencia de bosques, praderas o la ocurrencia de incendios.

Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo aprovechar las herramientas gratuitas de sistemas de información geográfica y visualización de imágenes de satélite, para obtener un modelo de distribución potencial de los relictos de bosque de oyamel en la alta montaña del estado de Tamaulipas.

Metodología

El área de estudio se restringe a los sitios de alta montaña en Tamaulipas, determinados para este trabajo como aquellos con elevación igual o superior a los 2,500 msnm. De los cinco municipios donde se ubican estas altitudes, sólo en Miquihuana existen elevaciones mayores a 3,000 msnm, por lo que en este municipio se visitó un sitio previamente identificado con presencia de *Abies*, (Cerro del Nacimiento), donde el bosquecillo fue encontrado a 3,200 msnm.

Se registraron las especies arbóreas y arbustivas presentes, así como los factores ecogeográficos del sitio, consistentes en: altitud sobre el nivel del mar, pendiente, dirección de la pendiente (exposición), temperatura ambiental (con hora de registro), densidad de individuos arbóreos, presencia de musgos y líquenes, color y humedad del suelo. Se realizaron fotografías del paisaje, con el objeto de ser comparadas con las que se encuentran en el visualizador de Google Earth™ 7.1.2.2041. En este visualizador, se localizó el sitio visitado, para observar las características del bosque en las imágenes satelitales, especialmente las de rugosidad, tono de grises, densidad de individuos.

Observados los factores ecogeográficos del sitio, se seleccionaron tres de ellos para realizar pruebas piloto de distribución potencial: altitud, pendiente y exposición. Mediante el módulo *Spatial Analyst* para ArcView 3.2, se realizaron búsquedas booleanas (*Map Query*) para producir modelos con 2,500 y 3,000 msnm y pendientes mayores a 20 y a 30%; en todos los casos se utilizó una exposición de ladera Noreste-Noroeste. Se decidió adaptar y modificar el más restrictivo (el modelo con 3000 msnm y

30% de pendiente), para mediante análisis visual simple, modificar sus polígonos sobrepuestos sobre Google Earth™, y usando como referencia los otros modelos. Se buscaron coincidencias con el modelo, así como falsos negativos y falsos positivos, en los sitios con características ópticas como las mencionadas. Además, se obtuvo apoyo visual de algunas fotografías subidas por los usuarios de algunos lugares donde el modelo estaba prediciendo la distribución de *Abies*.

Resultados y discusión

En la alta montaña del estado no existen estaciones meteorológicas, por lo que la información es sólo de carácter cualitativo, por lo que se midieron directamente en el sitio conocido como Cerro El Nacimiento. Ahí las condiciones ecogeográficas del bosque de *Abies*, registradas en enero de 2015, a las 12:22 pm fueron: temperatura ambiental de 12°C, humedad relativa de 77.1%, pendiente cercana a 50% con exposición de 20° NW. En Miquihuana no siempre se presentan las condiciones climáticas indicadas para este bosque por otros autores (Hernández, 1985; Rzedowski, 2006; Pineda-López, 2013), como la alta pluviosidad o caída de nieve invernal (esta se presenta esporádicamente, según informan los pobladores entrevistados), por lo cual es probable que el bosque sobreviva con condiciones de humedad y temperatura debidos a la altitud (con buena presencia de nubes) y a la exposición de la ladera, lo que permitiría condiciones adecuadas a pesar de los veranos cálidos y la escasez de nevadas invernales.

Ya en el modelo generado, se observó que la exposición de ladera al Noroeste y Norte fue un factor determinante, ya que en sitios que se encontraban con altitudes superiores a los 2500 m.s.n.m, y pendientes mayores a los 45%, lo que coincide con las observadas por Encina-Domínguez et al. (2008), de 30 a 701% en bosques de oyamel del estado de Coahuila. Fuera de esa orientación, no se observaron en el área estudiada sitios con características de bosque de *Abies*.

En el sitio visitado, se identificaron las siguientes especies arbóreas: *Abies* sp., *Arbutus xalapensis* y *Pseudotsuga* sp. Mientras que en el estrato arbustivo se observaron *Heimia* sp.; *Quercus* sp., *Bourvardia ternifolia*; *Abies* sp.; *Arctostaphylos* sp.; *Arbutus xalapensis*; *Ageratina* sp. y *Cercocarpus* sp. Esto coincide con lo observado por Domínguez (1991) en su estudio en Veracruz, donde el estrato arbóreo no registró *Pseudotsuga* sp., pero incluye *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus*; además, en el arbustivo concide en especies de *Quercus* y *Arbutus*, pero registra otras diferentes.

El suelo presentaba alto contenido de hojarasca y era de color oscuro, coincidiendo con lo reportado por Nieto (1995), que en el centro del país encontró condiciones similares, con suelos de alto contenido de materia orgánica. Se registró la presencia de musgo abundante, líquenes escasos y algunas herbáceas. No se observó manejo ni aprovechamiento forestal relevante, sólo algunos renuevos cortados y dos tocones antiguos.

Con las condiciones anteriormente mencionadas, se produjo el modelo de distribución potencial de primera aproximación, en el cual se basó para obtener el modelo potencial ajustado. De aquí se obtuvieron los siguientes resultados: la superficie estatal ubicada

por encima de 2,500 msnm altitud, es de 3,982 hectáreas; lo que significa un 0.5% de la superficie estatal. El modelo con 30% de pendiente y 3,000 msnm tiene una superficie de 47.98 hectáreas, mientras que el de 2,500 msnm comprende 421.69 hectáreas; por su parte, el de pendiente 20%, a 3,000 msnm resultó en 281.69, mientras que el de 2,500 msnm obtuvo 2,870.65 hectáreas.

Con los modelos de referencia, se obtuvo a partir del ajuste del modelo más restrictivo, la localización de 13 relictos de bosque de Oyamel (Figura 1), que en conjunto suman una superficie de 157.17 hectáreas. Esta representa el 0.4% de la superficie de mayor elevación en el estado, y entre esta destaca la distribución en el Cerro San Antonio Peña Nevada, que es el único sitio reportado para Tamaulipas (por Domínguez, 1991).

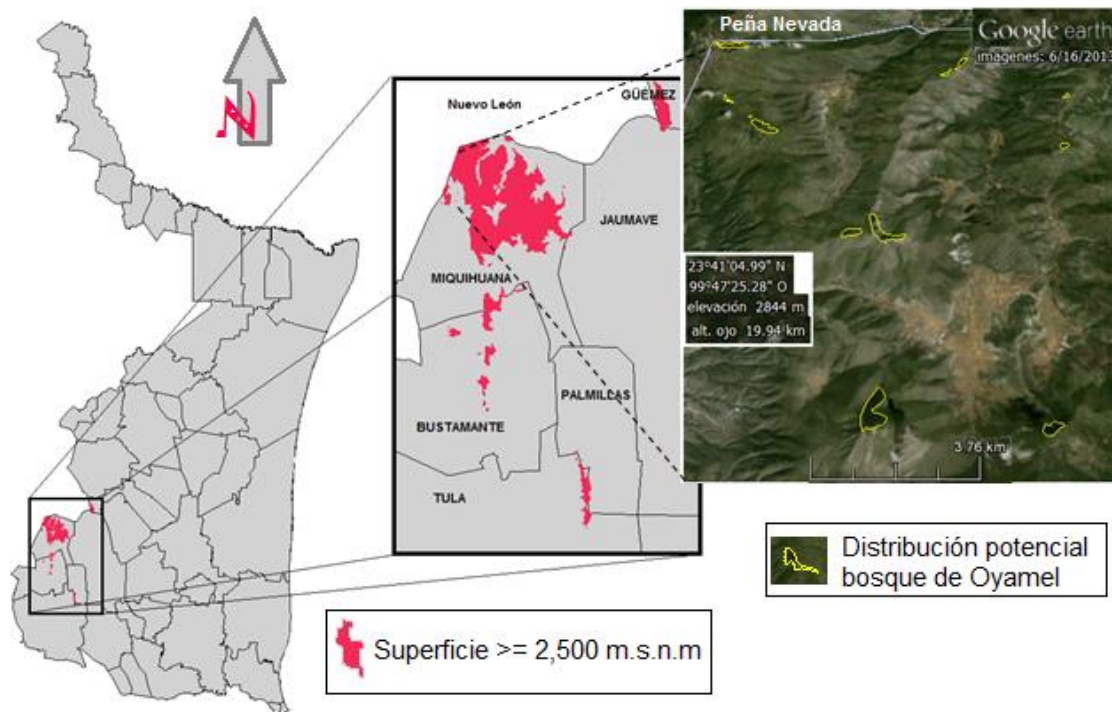


Figura 1. Distribución potencial del bosque de oyamel, y la superficie mayor a 2,500 msnm en el estado de Tamaulipas.

Durante el ajuste del modelo con las imágenes de satélite de Google, se observaron polígonos falsos positivos o falsos negativos. Los primeros son sitios con características propicias para el desarrollo de *Abies*, pero en la imagen presentaban matorrales y vegetación secundaria, que probablemente se deba a una perturbación en el ecosistema, pues son sitios de incendios recurrentes (de acuerdo con lo manifestado por los pobladores locales). En sitios “falsos negativos” se encontraron evidencias del bosque; error que se atribuye a que se encontraba en la parte baja de cañones, con poca pendiente, pero que guardan humedad suficiente para su desarrollo.

Conclusiones

Las herramientas SIG permitieron obtener resultados confiables que permitieron obtener una distribución potencial del bosque estudiado, para posteriormente acudir a

ellos con mayor confiabilidad, debido a que su acceso es significativamente complicado y es difícil obtener recursos para exploración en el terreno. Con ello, se facilita el desarrollo de estudios de las poblaciones de *Abies sp.* en Tamaulipas.

Los limitantes de esta modelación potencial es que no incluyó otros factores que pueden ser determinantes para la presencia de bosque de *Abies*, como tipo de suelo, litología, precipitaciones. Sin embargo, por el tamaño de los relictos, incluir esos factores podría no ser práctico debido a la escala de la cartografía digital disponible.

No se recomienda usar modelaciones con sólo tres factores para otros ecosistemas con mayores extensiones y una mayor complejidad de requerimientos. En ellos, su distribución potencial deberá incluir otros factores como tipos de suelo o condiciones climáticas.

Debido a que los bosques de *Abies sp.*, son ecosistemas frágiles ante situaciones de cambio climático, contaminación del aire, incendios forestales, cambio de uso del suelo y pérdida de la cobertura vegetal, conocer la distribución potencial de estos ecosistemas permitirá proponer medidas adecuadas para su conservación.

Bibliografía

1. Castellanos-Acuña, D., R. A. Iñando-Cisneros, M. A. Silva-Farías y C. Saenz-Romero. 2014. Zonificación altitudinal provisional de *Abies religiosa* en un área cercana a la reserva de la biosfera de la mariposa monarca, Michoacán. Revista Chapingo series forestales y medio ambiente. Volumen 20: 215-225
2. Domínguez, A. F.A., Nueva localidad para *Abies vejari* Martínez. 1991. Rev. Ciencia Forestal en México. Volumen 16: Numero 70.
3. Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez F. J., Mata-Rocha E. y Valdés-Reyna J. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la sierra de Zapalín, Coahuila, México. Boletín Sociedad Botánica Mexicana . 83: 13-24
4. Gámez P., R. 2011. Guía para la elaboración de mapas de distribución potencial. Universidad Veracruzana. 38 pp.
1. Gómez- González, 2003. Estado del conocimiento de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl et Cham. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 450 p.
2. Hernández, 1985 Distribución y utilidad de los *Abies* en México. Boletín del Instituto de Geografía, 15, 75–118.
3. Manzanilla, H. 1974. Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas, secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 165 pp.
4. Mateo, R.G.; A.M. Felicísimo y J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. Revista Chilena de Historia Natural 84: 217-240.
5. Nieto de Pascual-Pola, M. C. 1995. Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal. Revista Ciencia Forestal en México 20: 3–34.
6. Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 525 pp.
7. Sánchez-González, A., L. López-Mata y D. Granados-Sánchez. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) cham. y Schltdl de la Faja Volcánica Transmexicana. Investigaciones Geográficas 56: 62-76.