

## Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México<sup>1</sup>

Current status of cloud forest in the state of San Luis Potosí, Mexico

Edgar G. Leija Loredo,<sup>2</sup> Humberto Reyes Hernández,<sup>3</sup>  
Javier Fortanelli Martínez,<sup>4</sup> Gerardo Palacio Aponte<sup>5</sup>

Leija Loredo, E. G.; Reyes Hernández, H.; Fortanelli Martínez, J.; Palacio Aponte, G., Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 3-11, 2011.

### RESUMEN

En este trabajo se analiza la distribución y dinámica espacio-temporal del bosque de niebla del estado de San Luis Potosí. Éste se caracteriza por su restringida distribución geográfica en todo el país, además de estar severamente amenazado por las actividades humanas. Dicho ecosistema se localiza en la región fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, entre los 1,000 y 1,600 m de altitud, sobre un sustrato geológico de lutita y caliza-lutita; y tiene una extensión de 3,239 ha distribuidas en ocho relictos, resultado de una alta deforestación y fragmentación. En los últimos 35 años se han perdido 2,868 ha, y en algunos relictos las tasas de deforestación fueron superiores al 3% anual. Aunque algunos de los fragmentos se ubican en áreas de alta prioridad para la conser-

**Palabras clave:** bosque de niebla, deforestación, fragmentación, Sierra Madre Oriental, *Liquidambar*.

**Key words:** cloud forest, deforestation, fragmentation, Sierra Madre Oriental, *Liquidambar*.

Recibido: 12 de Mayo de 2011, aceptado: 26 de Julio de 2011

<sup>1</sup> Queremos agradecer a los Fondos Sectoriales para la Investigación ambiental, mediante el convenio FOSEC: SEMARNAT-CONACYT-C06-23754, y la Fundación Produce de San Luis A.C. por proveer el financiamiento para la realización de esta investigación.

<sup>2</sup> Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, goyo\_87gm@hotmail.com

<sup>3</sup> Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, hreyes@uaslp.mx.

<sup>4</sup> Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, fortanel@uaslp.mx.

<sup>5</sup> Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, gpalaciomx@hotmail.com.

vación, ninguno se encuentra oficialmente protegido.

### ABSTRACT

This paper analyzes the distribution and dynamics space-time of cloud forest in the State of San Luis Potosí, Mexico. This forest is characterized by the restricted geographical distribution throughout the country, as well as being severely threatened by human activities. This ecosystem is located in the Sierra Madre physiographic region, between 1,000 and 1,600 m of altitude, on a geological substratum of shale and limestone-shale. It has an extension of 3,239 hectares distributed in eight relicts. This forest shows a high level of deforestation and fragmentation because in the past 35 years it has lost over 2,868 hectares of forest. In some of these relict areas, deforestation rates were higher than 3% per year. Even though, some of these relicts are located within areas of high priority for conservation, none is officially protected.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los ecosistemas más valiosos del territorio nacional es el bosque de niebla o mesófilo de montaña, cuyas características únicas lo convierten en un espacio que permite la convivencia de especies vegetales pertenecientes a zonas tropicales junto con especies típicas de climas templados. Aunque este ecosistema se distribuye sólo en el 0.87% del territorio nacional, alberga unas 2,500 especies de plantas, que representan entre el 10 y 12% de todas las especies estimadas

para México (Williams Linera, 2007; Puig, 2005). Debido a su antiguo origen geológico y a su aislamiento geográfico, estos bosques albergan especies paleoendémicas que los convierten en sitios más biodiversos, en relación con el área que ocupan y en comparación con otros tipos de vegetación. Son ecosistemas muy frágiles, debido a que dependen, básicamente, del microclima que es mantenido por el propio bosque (Challenger, 1998).

Este ecosistema, también denominado por Puig (1991) bosque caducifolio húmedo de montaña, se presenta en el territorio nacional como comunidades relictas, distribuidas en forma de islas de vegetación dispersas en enclaves ecológicos, generalmente del lado de barlovento en las montañas de las sierras Madre Oriental y la Occidental, en áreas donde las nubes se condensan y causan lluvias abundantes, con alta humedad relativa y neblina durante gran parte del año. La presencia frecuente de la niebla tiene un papel relevante en la distribución y dinámica de estos bosques al proporcionar un ambiente termoregulado y favorecer la presencia de una gran diversidad de flora y fauna. El bosque de niebla se desarrolla en climas templado-húmedos con lluvias durante todo el año, su precipitación anual total varía entre 1,500 y 2,000 mm, con una temperatura media anual de 18 °C (Rzedowski, 1986, 1996; Challenger, 1998).

En el estado de San Luis Potosí, Rzedowski (1966) documentó la existencia de esta asociación vegetal en las inmediaciones del municipio de Xilitla y menciona de su existencia en los municipios de Tamazunchale, Aquismón, Alaquines y Ciudad del Maíz entre los 600 y 1,500 m de altitud. Por su parte, Puig (1991) identifica su presencia (bosque caducifolio húmedo de montaña) en los municipios de Ciudad del Maíz, Cárdenas, Río Verde, Xilitla y Tamazunchale, aunque cartográficamente sólo lo ubica en Gómez Farías, en el estado de Tamaulipas.

Si bien todas las formaciones vegetales son importantes, es necesario priorizar aquellas áreas en las cuales los planes y acciones para su conservación, manejo sostenible y restauración, deben implementarse de manera más urgente.

La conservación de las áreas prioritarias depende, en gran medida, de la disponibilidad de información sobre su condición actual y de los principales factores que inciden en su destruc-

ción. Aunque existen numerosos estudios sobre el bosque de niebla en el territorio nacional, existen aún relictos sin estudiar, algunos de ellos muy amenazados debido a la fragmentación y la deforestación que han sufrido durante las últimas décadas. En este sentido, esta investigación analiza la distribución y situación actual del bosque de niebla o mesófilo de montaña en el estado de San Luis Potosí.

En la entidad, el bosque de niebla se distribuye en la zona de barlovento de la Sierra Madre Oriental, entre las selvas altas perennifolias y subperennifolias y los bosques de coníferas y de *Quercus*, donde se presentan las condiciones de mayor humedad y temperatura. Esta región es un conjunto montañoso que se extiende a lo largo de la porción central del estado en dirección noroeste-sureste, sobre las subprovincias fisiográficas Gran Sierra Plegada (municipios de Ciudad del Maíz, El Naranjo, Ciudad Valles, Alaquines, Cárdenas y Tamasopo) y Carso Huasteco (Rayón, Santa Catarina, Aquismón y Xilitla). Estas subprovincias muestran una sucesión de sinclinales y anticlinales hacia el noroeste (Ciudad del Maíz y Alaquines), con pequeñas sierras y valles intermontanos orientados a lo largo del eje de estas estructuras; y paisaje kárstico hacia el sureste (Aquismón y Xilitla), con conos kársticos alternados con dolinas (figura 1).

El bosque de niebla con predominio de *Liquidambar styraciflua* suele aparecer, en las condiciones más húmedas de la región (hacia el sureste), como una faja discontinua sobre sustrato calizo entre las selvas medianas y el bosque de *Quercus* y coníferas, o como islas edáficas (exclusivamente sobre lutitas) rodeadas por diversas variantes de bosque de *Quercus* en las condiciones más secas (hacia el noroeste). Existen algunas áreas en donde *Liquidambar* pierde su predominio, pero que probablemente califiquen como bosque de niebla por la presencia destacada de otros elementos de la flora de estos ambientes (por ejemplo, *Clethra pringlei*, *Quercus germana*, *Carya ovata*, *Eugenia xalapensis*, etc.); sin embargo, para fines de este trabajo, sólo se considerará como bosque de niebla la formación vegetal con predominio de *Liquidambar*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una consulta bibliográfica para conocer los principales trabajos que referían la presencia del bosque de niebla en el estado, además

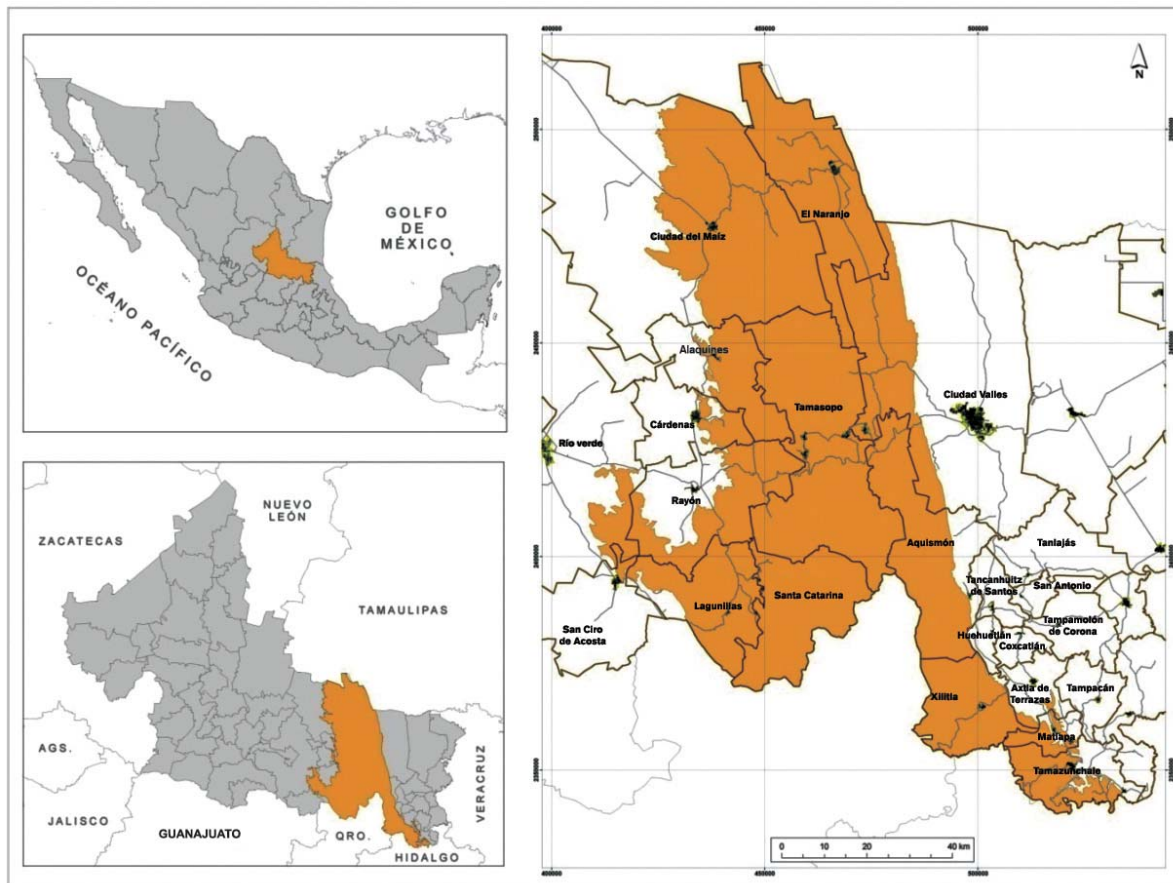


Figura 1. Localización de la Sierra Madre Oriental en el estado de San Luis Potosí.

de revisar los mapas de vegetación y uso del suelo (INEGI, 1985, 2002) y del Inventario Nacional Forestal (SEMARNAT-UNAM, 2002), ambos en escala 1:250,000. Con base en esta información, los relictos referidos fueron ubicados, especialmente, en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis 9.2.

Para definir la distribución potencial de este ecosistema en la zona de estudio se utilizaron imágenes de satélite Spot del año 2007 de 15 m de resolución. Éstas fueron desplegadas en una combinación de bandas de falso color RGB 432, así resalta el vigor de la vegetación debido a que se compone de las bandas infrarrojas que muestran los fragmentos de vegetación de bosque, con diferentes tonalidades de rojo según el vigor, mientras que el azul destaca las zonas de agricultura, ganadería y áreas desnudas que se diferenciaron además por la forma geométrica de su disposición (Lillesand *et al.*, 2004).

Con base en la distribución espacial de los polígonos identificados previamente y por medio de un análisis visual, basado en las reglas básicas de la fotoidentificación (Chuvienco, 1990), se elaboraron mapas preliminares de distribución actual y potencial del bosque de niebla.

Para corroborar la existencia de dichos relictos, precisar su extensión e identificar la presencia de nuevos fragmentos no reportados en las fuentes consultadas, se realizó una verificación de campo, en donde se colectaron puntos con un GPS, además de identificar elementos conspicuos del paisaje como tipo de suelo, sustrato geológico, orientación de las laderas, niveles de humedad, condiciones generales del bosque y actividades económicas prevalecientes. Adicionalmente, se realizaron entrevistas con pobladores locales para conocer el uso y aprovechamiento del bosque y la existencia de fragmentos no reportados en la literatura.

Los puntos GPS obtenidos en campo fueron exportados al SIG, en donde se compararon con los polígonos existentes. Como resultado no se encontró coincidencia entre lo reportado por el INF, INEGI y otras fuentes bibliográficas consultadas; además, se precisó su ubicación y se definieron sus dimensiones actuales, con base en la información obtenida en campo. Los relictos que no habían sido anteriormente reportados, fueron digitalizados directamente sobre la imagen de satélite siguiendo la trayectoria de los puntos GPS.

Para analizar las condiciones bajo las cuales se desarrolla este tipo de vegetación y definir con mayor certeza su distribución potencial, se analizó el contexto físico geográfico de cada fragmento de bosque, como la geología, edafología, pendiente, precipitación y altitud mediante una sobreposición de coberturas digitales en el SIG. Finalmente con la información obtenida, se elaboró el mapa actual de cobertura vegetal y uso del suelo de las zonas con presencia de bosque de niebla, con las siguientes clases: a) Bosque mesófilo o bosque de niebla, b) Bosque de encino, c) Agricultura de temporal, d) Pastizal inducido y e) Asentamiento humano urbano.

Con base en el método propuesto por Mass (2005), se elaboraron los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo para los años 2000, 1995 y 1973. Este método se utiliza para evaluar cambios en el uso del suelo y disminuir los errores derivados de los falsos cambios en la clasificación de los mapas; consiste en sobreponer el polígono de una cobertura determinada de la fecha más actual sobre imágenes satelitales o fotografías aéreas más antiguas y, con base en un análisis visual, se procede a modificarlo sobre la pantalla de la computadora. En este caso, el polígono más actual (2007) se sobrepuso sobre imágenes de satélite Landsat ETM (2000), MSS (1973) y Ortofotos digitales (1995).

La identificación y la cuantificación de las superficies deforestadas, y aquellas que cambiaron a otros usos del suelo, se lograron por medio de una sobreposición cartográfica de los mapas correspondientes a los fragmentos de bosque para los periodos de 1973-1995, 1973-2000, 1995-2007 y 1973-2007. Para determinar la tasa de deforestación en cada periodo de estudio se aplicó la fórmula empleada por la FAO:  $C = ((T2/T1)^{1/n} - 1) * 100$ ; donde, T= es el año de inicio, T2 e= el año actual o más reciente y n es e= Número de años entre T1 y T2.

## RESULTADOS

En el estado de San Luis Potosí el bosque de niebla ocupa, actualmente, una superficie de 3,239 ha, distribuidas en ocho relictos diseminados en los municipios de Tamasopo, Alaquines, Ciudad del Maíz, El Naranjo y Xilitla. Estos fragmentos de bosque se ubican en áreas con una altitud de 1,200 a 1,500 m, situadas sobre suelos someros del tipo leptosoles, regosoles, feozems y luvisoles, con abundante contenido de materia orgánica. Se distribuyen sobre estructuras sinclinales y, en menor proporción, sobre anticlinales; las laderas donde se desarrolla el bosque suelen tener pendientes superiores a los 40°, en lugares poco accesibles y menos útiles para otros usos del suelo (tabla 1).

Debido a que este ecosistema necesita condiciones muy específicas para su desarrollo, como la alta humedad, el límite de su distribución, en la zona de estudio, coincide con las zonas de isoyetas superiores a los 1,200 mm anuales, pero siempre asociada con el sustrato geológico de lutitas. La excepción es el fragmento ubicado en el municipio de Xilitla, situado al sur del estado en donde la precipitación supera los 2,000 mm anuales y el bosque de niebla se encuentra sobre rocas calizas (tabla 1).

En 1973 el bosque de niebla se extendía sobre una superficie de 6,107 ha, misma que se redujo a 3,239 para 2007; esto significa que en los últimos 34 años se deforestaron 2,868 ha. Al respecto, destacan los relictos de la Silleta, Álamos de Arriba, El Platanito y Colonia Díez Gutiérrez, que perdieron entre 1973 y 2007 751 (45.9%), 573 (71.6%), 527 (44.4%) y 445 ha (53.1%), respectivamente (tabla 2; figura 2).

De todos los relictos de bosque analizados, únicamente cinco conservan menos del 50% de la superficie registrada en 1973 y sólo uno, el relicto de La Nueva Reforma, Alaquines, mantiene más del 80% de su extensión anterior (tabla 2; figuras 3 y 4).

Las principales causas de la reducción y fragmentación del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí son la conversión a potreros y áreas agrícolas y la tala ilegal de árboles. En la región destaca el hecho de que las áreas desmontadas, inicialmente dedicadas a milpas bajo el sistema roza-tumba-quema, son dirigidas hacia el establecimiento de praderas perennes, lo que agrava la



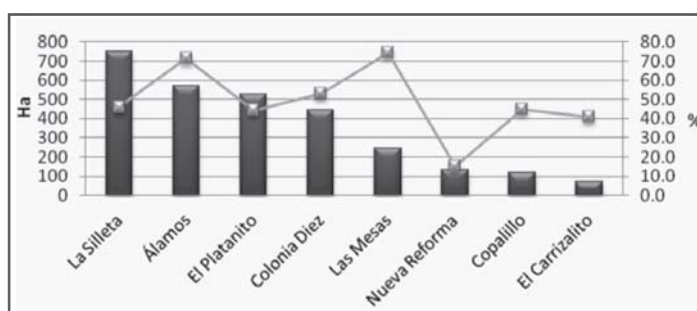
**Tabla 1.** Características de los relictos de bosque de niebla del estado de San Luis Potosí

Municipio	Localidad	Geología	Edafología	Tenencia de la tierra	Estructura geológica	Precipitación (mm)	Altitud (msnm)
Alaquines	La Nueva Reforma	Lutita-Arenisca	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1000-1200	1300-1500
Alaquines	El Carrizalito de Moctezuma	Caliza	Leptosol-Luvisol	Ejidal	Anticlinal	1200-1500	1000-1100
El Naranjo	Álamos de Arriba	Caliza-Lutita	Leptosol-Feozem	Ejidal	Sinclinal	1000-1200	1000-1200
Ciudad del Maíz	Las Mesas	Caliza-Lutita	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1000-1200	1000-1200
Ciudad del Maíz	El Platanito	Caliza-Lutita	Leptosol-Feozem	Ejidal	Anticlinal	1500-2000	1100-1300
Ciudad del Maíz	Colonia Díez Gutiérrez	Lutita	Regosol	Ejidal	Sinclinal	1000-1200	1200-1300
Tamasopo-Rayón	Copalillos	Lutita-Arenisca	Leptosol	Ejidal y comunal	Sinclinal	1000-1200	1200-1300
Xilitla	La Silleta	Caliza	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1500-2000	1200-1300

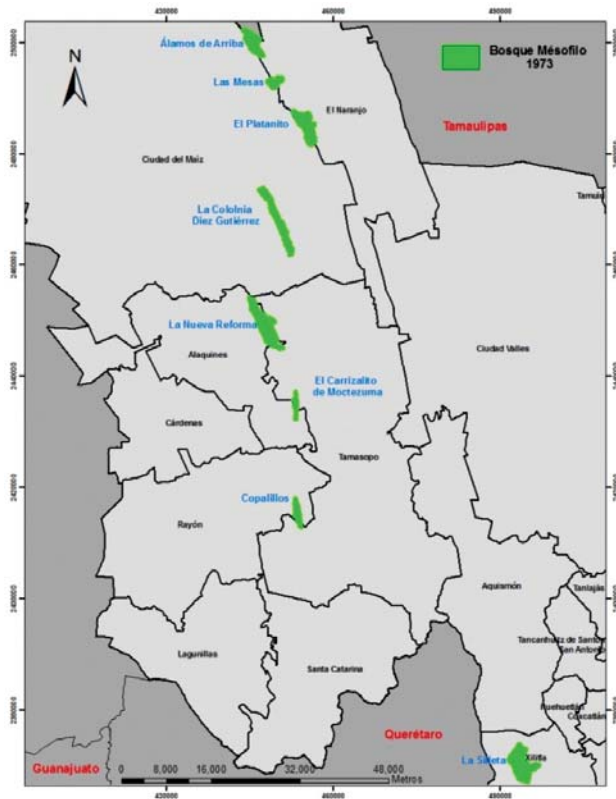
**Tabla 2.** Superficie forestal por año y tasas deforestación de los relictos de bosque de niebla

Municipio	Localidad	Superficie por año (ha)				Tasa anual de deforestación (%) por periodo		
		1973	1995	2000	2007	1973-1995	1973-2000	1973-2007
Alaquines	La Nueva Reforma	876.0	850.6	SD	742.9	-0.13	ND	-0.47
Alaquines	El Carrizalito de Moctezuma	178.0	145.5	SD	105.9	-0.90	ND	-1.49
El Naranjo	Álamos de Arriba	800.3	SD	379.0	227.1	ND	-2.72	-3.58
Ciudad del Maíz	Las Mesas	331.1	SD	154.2	85.6	ND	-2.78	-3.84
Ciudad del Maíz	El Platanito	1186.0	SD	796.9	659.8	ND	-1.46	-1.68
Ciudad del Maíz	Colonia Díez Gutiérrez	837.6	765.0	SD	392.4	-0.40	ND	-2.17
Tamasopo-Rayón	Copalillos	266.8	194.7	SD	147.4	1.26	ND	-1.70
Xilitla	La Silleta	1633.5	1007.0	SD	882.1	-2.15	ND	-1.77

SD: sin dato para la fecha señalada.



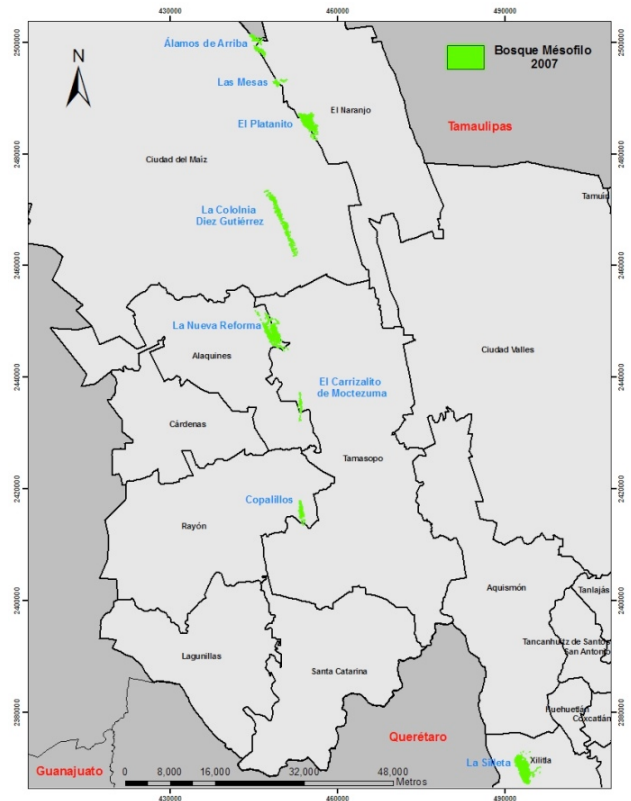
**Figura 2.** Superficie deforestada total (ha) y relativa (%) en los relictos de bosque de niebla en el periodo 1973-2007.



**Figura 3.** Distribución de los relictos de bosque de niebla en 1973.

presión sobre las áreas forestales adyacentes, al demandar mayor superficie de terreno en menor tiempo. Los relictos de Las Mesas y Álamos de Arriba registraron la mayor velocidad en su transformación, con una tasa de deforestación del 3.8% y 3.5% anual, respectivamente. Los fragmentos de El Platanito (1.6%), El Carrizalito de Moctezuma (1.4%) y La Nueva Reforma (0.47%) presentaron las menores tasas de deforestación anual (tabla 2).

En la mayoría de los fragmentos de bosque se presenta un paisaje cambiante e intercalado con respecto al predominio de especies de Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y encinos (*Quercus* spp.), asociadas a la alternancia entre lutitas y calizas y entre sinclinales y anticlinales, respectivamente. Estos sustratos y geformas al generar bordes entre estas comunidades vegetales permiten el predominio de especies de *Quercus* en sustrato calizo y *Liquidambar* en los suelos originados a partir de las lutitas y areniscas. Actualmente, los fragmentos donde los bancos de semillas pudieran permitir el restablecimiento



**Figura 4.** Distribución de los relictos de bosque de niebla en 2007.

del bosque, se encuentran cada vez más separados entre sí, y sus áreas circundantes son espacios abiertos para el pastoreo de ganado mayor (figura 4), lo que facilita el crecimiento de especies leñosas y espinosas que no son consumidas por el ganado.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con Challenger (1998), una de las características de esta comunidad vegetal es su distribución en forma de "archipiélagos climáticos" con orientación hacia el barlovento y confinada a estrechas zonas altitudinales de las regiones montañosas. En el estado de San Luis Potosí el bosque de niebla se distribuye de forma paralela a la orientación de los pliegues de la sierra (figuras 3 y 4), lo que sugiere que tal configuración espacial se encuentra asociada al tipo de roca que lo subyace y al gradiente de precipitación. Rzedowski (1996) señala que estos bosques se desarrollan en regiones de relieve accidentado y las laderas pronunciadas constituyen su hábitat más frecuente, protegido del viento y de la fuerte insolación.



**Figura 5.** Los encinos (*Quercus* spp.) son componentes importantes, aunque secundarios, de este tipo de bosques. Obsérvese la abundancia de helechos, musgos y bromelias epífitas.

Normalmente, los fragmentos de mayor tamaño identificados en el estado de San Luis Potosí se localizan en la porción centro-norte de la Sierra Madre Oriental, sobre los municipios de Ciudad del Maíz, Alaquines y Tamasopo, la mayoría de ellos ubicados primordialmente en zonas de pendientes que en promedio, son más abruptas que las del paisaje en general, es decir, que los remanentes de estos bosques se encuentran en lugares de difícil acceso. Lo anterior coincide con otros trabajos realizados en la planicie costera de la Huasteca Potosina y para otros tipos de vegetación, como las selvas bajas, en donde se ha documentado la remoción completa de la cubierta forestal en las pendientes suaves (0-5%), dejando sólo remanentes en las pendientes mayores a 60% (Mass, 1995; Trejo y Dirzo, 2000; Reyes *et al.*, 2006).

La pérdida de cobertura vegetal originada por la conversión a potreros y áreas de agricultura, además de la tala ilegal de árboles, son causas comunes de deforestación en todo el país; y la región de estudio no es la excepción (SEMARNAT, 2007). En la Sierra Madre Oriental una gran

proporción de las áreas que son deforestadas se utilizan inicialmente para milpas bajo el sistema roza-tumba-quema, y al cabo de dos a tres años, estos terrenos son convertidos a praderas perennes, aumentado con ello la velocidad de transformación y la demanda de mayor superficie forestal (Montoya, 2009). Si bien algunos fragmentos no evidencian una pérdida considerable en su superficie, la tala selectiva y la ganadería extensiva afectan de manera paulatina su composición y estructura.

Aunque los relictos de bosque de niebla identificados se encuentran relativamente alejados de zonas urbanas, la apertura de carreteras (Sader *et al.*, 1997) y nuevos caminos pone en peligro su permanencia; en este sentido, se considera que la construcción de la nueva autopista que unirá la capital del estado con el Golfo de México podría agravar el proceso de fragmentación en los relictos situados cerca de esta nueva vía de comunicación. Otros factores que aceleran estos procesos de cambio son los incentivos económicos para el desarrollo de la ganadería, la falta de información para el aprovechamiento adecuado del bosque y la carencia de apoyos para poner en marcha el manejo sostenible de estos sistemas.

El hecho de que las perturbaciones naturales y antropógenas ocurran con mayor frecuencia o intensidad en un fragmento aislado que en un bosque continuo o de mayor extensión (Guevara y Laborde, 1999), incrementa el riesgo para el bosque de niebla. El aislamiento y las formas alargadas y complejas de los relictos tienden a



**Figura 6.** Los árboles adultos de *Liquidambar* suelen utilizarse como material de construcción en las comunidades aledañas al bosque de niebla.



incrementar el efecto de borde, sin embargo, en los fragmentos pequeños cuya forma tiende a ser circular (figura 4), este efecto se magnifica aún más al reducirse el área real de bosque (Kapos *et al.*, 1997). Este aislamiento favorecería, al mismo tiempo, la creación de nuevas condiciones para otras especies, al promover procesos de especialización y diversificación, alterando con ello la composición y estructura del bosque. Al respecto, se postula que la alteración del hábitat remanente en el que vive la biota del bosque de niebla provocaría el aislamiento de las metapoblaciones, afectando la biodiversidad y los servicios ambientales que el bosque proporciona.

En virtud de que la mayoría de los fragmentos se encuentran muy separados entre sí y sus áreas circundantes son espacios abiertos para el pastoreo de ganado mayor (figura 4), los bancos de semillas que pudieran permitir el restablecimiento del bosque, no logran colonizar estas áreas de manera natural. Aunado a esto, la ganadería extensiva que se practica en el interior de los fragmentos hace más difícil la reproducción de las especies vegetales (Montoya, 2009). La incapacidad del bosque para regenerarse obedece a que el pastoreo en el sotobosque afecta a los rebrotes, plántulas y plántones de las especies dominantes y más gustadas por el ganado, favoreciendo con ello la dispersión de las especies leñosas y espinosas, que a la larga colonizan los terrenos (Challenger, 1998).

En el caso del desmonte, la proximidad de los bancos de semillas permitiría que la vegetación original recolonice el claro, siempre y cuando la actividad ganadera permita la regeneración del bosque. Es importante mencionar que existen todavía fragmentos con bosques perturbados y vegetación secundaria, cuyos espacios podrían ser utilizados como corredores para ayudar a conectar los fragmentos de bosque menos perturbados y reducir significativamente su aislamiento. Al respecto, *Liquidambar styraciflua* es una especie que se reproduce vegetativamente y por semilla; en consecuencia, se comporta como una especie pionera en la sucesión secundaria, que

depende de las condiciones de humedad y temperatura y podría ser la más indicada para iniciar este proceso de recuperación.

El bosque de niebla a pesar de ser un ecosistema amenazado, también ofrece oportunidades para su conservación y recuperación, una de ellas es el programa de pago por servicios ambientales que implementa la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en particular relacionados con los servicios hidrológicos que este ecosistema provee. Sin embargo, se requiere de estudios como el presente y de otras investigaciones que arrojen información sobre la biodiversidad de estos sitios, la estructura de la vegetación antes del deterioro, los datos acerca de los ciclos y procesos más importantes del ecosistema, el conocimiento suficiente sobre las presiones que originaron la alteración y la información acerca de las trayectorias ecológicas de los principales indicadores del ecosistema. Al respecto, existen ya algunos proyectos en curso (Fortanelli *et al.*, 2010) que buscan estudiar éstos u otros temas para lograr la protección de los últimos relictos de este importante ecosistema en la entidad.

## CONCLUSIONES

El bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí se desarrolla, principalmente, sobre lutitas, en altitudes que van de los 1,200 a 1,500 m, laderas plitativas cóncavas y con rangos de precipitación entre los 1,000 y 2,000 mm anuales. De los relictos de bosque de niebla identificados, los fragmentos localizados al norte de la Sierra Madre Oriental, en los municipios de Ciudad del Maíz y El Naranjo, presentan las mayores tasas de deforestación. Todos los relictos, en mayor o menor medida, muestran algún tipo de perturbación. Las causas principales de disturbio son la deforestación con fines agrícolas y pecuarios, la tala ilegal y los fuegos descontrolados. Conocer la situación actual, complementada con estudios sobre la biodiversidad, análisis de los ciclos y procesos más importantes en estos ecosistemas, así como las estrategias de restauración, son fundamentales para proteger el bosque de niebla en la entidad.



## LITERATURA CITADA

- CHUVIECO, E., *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: Ed. Riapl, 1990.
- CHALLENGER, A., *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*. México: CONABIO-IB-UNAM-Agrupación Sierra Madre, 1998.
- FORTANELLI M.J.; CASTILLO, L.P.; FLORES, C.J.A.; GARCÍA, P.J.; MARTÍNEZ, V.G.; REYES, H.H.; SANDOVAL, M.C., *Estudio geográfico, ecológico y etnobotánico de un relicto de bosque de niebla de San Luis Potosí, México. Memorias del X Congreso Latinoamericano de Botánica*. Chile: Universidad de La Serena, 2010.
- GUEVARA, S.; LABORDE, J., Historia del paisaje de la sierra de Los Tuxtlas, Veracruz (México). En: Díaz Pineda, F.; De Miguel, J.M.; Casado, M.A. (coords.), *Diversidad biológica y cultural rural: en la gestión ambiental del desarrollo*. España: Cooperación española y Multimedia ambiental, 1999.
- INEGI, Carta de vegetación y uso del suelo. CD Valles F14-8, Escala 1:250,000, 1985.
- INEGI, Carta de vegetación y uso del suelo Serie II. CD Valles F14-8, Escala 1:250,000, 2002.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J.L.; GRANADE, G., Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. In: Laurance, W.F.; Bierregaard Jr., R.O. (eds.), *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management and conservation of fragmented communities*. USA: The University of Chicago Press, 1997.
- LILLESAND, T.M.; KEIFFER, R.W.; CHIPMAN, J.W., *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley & Sons Inc., 2004.
- MASS, J.F., *Change estimates by map comparison: a method to reduce erroneous changes due to positional error; Transactions in GIS*. Vol. 9, No. 4, pp. 619-629, 2005.
- MASS, M.J., Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. In: Bullock, S.; Money, H.; Medina, E., (eds.), *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- MONTOYA, T.J.N., Diagnóstico participativo de los procesos de deforestación en dos comunidades de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí. Tesis de Maestría PMPCA-UASLP, 2009.
- PUIG, H., *La biogeografía de las plantas del bosque mesófilo*. En: Sánchez Ramos, G.; Reyes Castillo, P.; Dirzo, R. (eds.), *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera el Cielo*. México: UAT, 2005.
- PUIG, H., *Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico*. México: Institut Francais de recherche, Scientifique four le Developement en Coopération (ORSTOM)-Instituto de Ecología A.C.-centre D'Etudes Mexicaines et Centraméricaines (CEMCA), 1991.
- REYES, H.H.; AGUILAR ROBLEDO, M.; AGUIRRE, R.J.R.; TREJO, V.I., Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. *Investigaciones Geográficas*. Vol. 59, pp. 26-42, 2006.
- RZEDOWSKI, J., Vegetación del estado de San Luis Potosí. Tesis Doctoral, UNAM, 1966.
- RZEDOWSKI, J., *Vegetación de México*. México: Editorial Limusa, 1986.
- RZEDOWSKI, J., Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*. Vol. 35, pp. 25-44, 1996.
- SADER, S.A.; REINING, C.; SEVER, T.; SOZA, C., Human migration and agricultural expansion, a threat to the Maya tropical forest. *Journal of Forestry*. Vol. 95, No. 12, pp. 27-32, 1997.
- SEMARNAT-UNAM, *Inventario Forestal Nacional 2000*. México: Instituto de Geografía, UNAM-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. Escala 1:250,000.
- SEMARNAT, *Compendio de Estadísticas Ambientales*. México, 2007.
- TREJO, I.; DIRZO, R., Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*. Vol. 94, pp. 133-142, 2000.
- WILLIAMS LINERA, G., *El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. México: CONABIO-Instituto de Ecología, 2007.