



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN HUATUSCO, VERACRUZ, MEXICO

## ANALYSIS OF THE STRUCTURAL REDUCTION OF THE MOUNTAINOUS MESOPHYLL FOREST IN HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO

Partida-Sedas, S.<sup>1\*</sup>; Cabal-Prieto, A.<sup>1</sup>; Sánchez-Arellano, L.<sup>1</sup>; Muñoz-Torres, J.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Huatusco; Avenida 25 Poniente Colonia Reserva Territorial; Huatusco, Veracruz. México. C.P. 94100. Veracruz, México. Teléfono: 273734400.

\*Autor de Correspondencia: salvador\_partida@yahoo.com.mx

---

### RESUMEN

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es un ecosistema de mayor biodiversidad en el mundo y uno de los más amenazados en México, representa aproximadamente 1% de la cubierta vegetal de México, y en el estado de Veracruz se encuentra una superficie importante. En Huatusco, Veracruz, México, es posible apreciar vegetación primaria y secundaria de este valioso ecosistema. Mediante sistemas de información geográfica (SIG), se analizaron las cartas de uso de suelo y vegetación 1:250 000 Series I a V y se presenta su variación espacial comparando las tasas de cambio anual (TDA) y el porcentaje de cambio (P) entre cinco periodos de tiempo comprendidos entre los años 1985 y 2013.

**Palabras clave.** Cobertura vegetal, SIG, Bosque de niebla.

### ABSTRACT

The Mountainous Mesophyll Forest (MMF) is an ecosystem of high biodiversity in the world and one of the most threatened in México. It represents approximately 1 % of the plant cover in México, and in the state of Veracruz there is an important area. In Huatusco, Veracruz, México, it is possible to appreciate primary and secondary vegetation in this valuable ecosystem. Through geographic information systems (GIS), the land use and vegetation maps 1:250 000 Series I to V were analyzed, and their spatial variation is presented compared to the annual change rates (ARC) and the percentage of change (P) between five periods of time included between the years 1985 and 2013.

**Keywords:** plant coverage, GIS, cloud forest.

## INTRODUCCIÓN

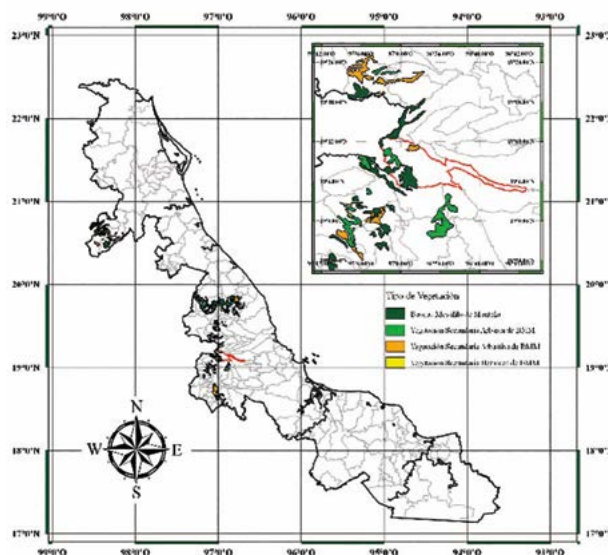
El análisis multi-temporal de la cobertura vegetal en una región determinada permite valorar su dinámica territorial; en la mayoría de los municipios del estado de Veracruz, México, y en muchos otros del país, se presenta un evidente cambio en este rubro durante los últimos cien años. La valoración y análisis de esta evolución, advierte sobre el estado actual de los recursos naturales y lo compara con las transformaciones acontecidas a través del tiempo. El análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo permite entender las causas y consecuencias de las tendencias de los procesos de degradación, desertificación, disminución de biodiversidad, y en general, pérdida de capital (paisaje natural y cultural). A partir de ello, se deducen escenarios sobre la pérdida de biodiversidad, se generan modelos sobre los posibles efectos del cambio global y se fundamentan estrategias de planificación de uso del suelo. (Mas, Velázquez, & Couturier, 2009). El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es un ecosistema con alta biodiversidad, el cual se encuentra amenazado por efectos del cambio de uso de suelo. Debido a lo anterior y a los efectos derivados del cambio climático global, se les asigna alta prioridad para su conservación y promoción del desarrollo sustentable en áreas aledañas (Aldrich *et al.*, 1997; CONABIO, 2010; Toledo-Aceves *et al.*, 2011; Calderón Aguilera *et al.*, 2012). Estos bosques de México, constituyen uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad y capacidad de provisión de recursos hídri-

cos y se consideran como el ecosistema terrestre más amenazado a nivel nacional (González-Espinoza *et al.*, 2012). En el estado de Veracruz se aprecian cuatro diferentes representaciones de este ecosistema: Bosque Mesófilo de Montaña, Vegetación Secundaria Arbórea de BMM, Vegetación Secundaria Arbustiva de BMM y Vegetación Secundaria Herbácea de BMM (INEGI, 2014). la Figura 1, muestra el municipio de Huatusco, que cuenta con una superficie importante de BMM, esto representa un importante desafío para la conservación de especies animales y vegetales por efectos del cambio de uso de suelo y la fragmentación del bosque Mesófilo de Montaña presente en su territorio. La pérdida de hábitat y la fragmentación se han convertido en las más importantes amenazas para el mantenimiento de la biodiversidad en todos los ecosistemas terrestres. (Bierregaard & C. Gascón, 2001).

Herrerías y Benítez (2005) expresan que no se conocen todos los efectos que tiene la fragmentación sobre las diversas especies, y sugieren

que la mayoría de éstas se afectan de manera directa o indirecta impactando significativamente sobre el establecimiento y composición de plantas y animales, afectando también sus interacciones bióticas (Herrerías-Diego & Benítez-Malvido, 2005). Lo anterior induce pensar que el cambio de uso de suelo y fragmentación de los ecosistemas en un territorio en particular, amenaza de manera directa la sobrevivencia de especies. Para estimar la fragmentación de la vegetación en un territorio en particular, las cartas de uso de suelo emitidas por parte del INEGI permiten realizar evaluaciones espacio-temporales sobre la dinámica que muestra la cobertura de un territorio determinado. En México, como en la mayor parte del mundo, aún no existe la cultura de someter una base de datos cartográfica a una evaluación rigurosa. La confiabilidad de mapas de cambio se evalúa a través de la comparación de la información del mapa con información de referencia de mayor detalle que los insumos utilizados para generar dicho mapa (Mas, Velázquez, & Couturier, 2009).

Las cartas representan una importante fuente de información que apoya los estudios temporales de las comunidades vegetales y la generación de información estadística del estado de los recursos naturales, así como el monitoreo de la cubierta vegetal de México y los principales usos del suelo que se desarrollan en ésta, con el fin de identificar, las características de la agricultura, la condición en que se encuentra, los cultivos que se desarrollan, los tipos de ganadería, las actividades



**Figura 1.** Presencia de Bosque Mesófilo de Montaña en el estado de Veracruz, México. Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:250 000 Serie V INEGI, 2015.

forestales, etcétera, y apoyar así, a los investigadores y tomadores de decisiones en el conocimiento de los recursos vegetales de México, así como los servicios que prestan a la sociedad (INEGI, 2014). Esta forma de integración de la información se puede manipular para su complementación o modificación, lo cual permite realizar estudios sobre un área específica (estado, municipio o región). El municipio de Huatusco, Veracruz, México, se caracteriza por contar con una superficie importante de BMM en estado virgen y vegetación secundaria del mismo; esta, se ha logrado mantener y regenerar en los últimos treinta años. El objetivo del presente trabajo es presentar los cambios en la cobertura de uso de suelo y vegetación ocurridos entre 1985 y 2013, específicamente en BMM y analizar las principales implicaciones ecológicas que podrían presentarse de continuar con la dinámica observada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Huatusco se encuentra localizado en la zona centro-occidental de Veracruz, México (97° 04' - 96° 41' O y 19° 04' - 19° 13' N) (Figura 2), posee una superficie total de 202 Km<sup>2</sup> con una altitud entre 400 y 2000 m; temperatura media anual de 19.5° y precipitación promedio de 1941.7 mm (CICESE, 2013). Se caracteriza por vocación agrícola (53.9 % Agricultura y 23.5 % Pastizal cultivado) y cuenta con 16.7 % de bosque Mesófilo de Montaña (INEGI, 2013).

### Determinación de cambios de uso de suelo

Se utilizaron las cartas de uso de suelo y vegetación 1:250 000 (INEGI) (serie I al V) y mediante el Software Arc-Gis<sup>®</sup> versión 10.2, se estimaron las superficies correspondientes a cada tipo de vegetación presente en el municipio, posteriormente se representaron en un mapa de uso de suelo y vegetación, obteniendo cinco mapas de uso de suelo y vegetación del municipio, para los años 1985, 1993, 2002, 2007 y 2103. Las series I al V del INEGI presentan la distribución de los diferentes tipos de vegetación natural e inducida en México, también se muestra la ubicación

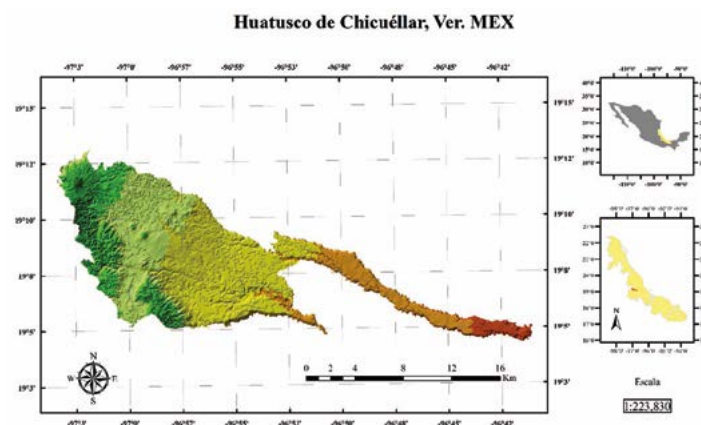
de las áreas agrícolas y se organiza a partir de un sistema jerárquico que podrá formar parte de un Sistema de Información Geográfica. Por ejemplo, la Serie V de Uso del Suelo y Vegetación consta de 149 conjuntos de datos digitales y un conjunto nacional en formato shape y con datum de referencia ITRF92. La información de cada uno de los conjuntos de datos de la Serie V de Uso del Suelo y Vegetación, se obtuvo a partir de la interpretación visual de imágenes LandSat TM5 del año 2011 (época seca) multispectrales y respaldada con los respectivos trabajos de verificación de campo. (INEGI, 2014).

**Análisis y cuantificación de los cambios.** Para estimar la evolución del bosque Mesófilo de Montaña, se recurrió a la metodología propuesta por la organización mundial de producción de alimentos (FAO) para estimar los cambios presentados en cada uno de los años reportados en cartas de uso de suelo y vegetación. El cambio de uso de suelo fue cuantificado utilizando las ecuaciones propuestas por (FAO, 1996), para calcular la tasa de cambio anual (TDA) y el porcentaje de cambio anual (P):

$$Tasa = \left[ \frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1 \quad P = \frac{100}{t_2 - t_1} \ln \frac{S_2}{S_1}$$

Dónde:

TDA=Tasa de cambio anual; P=Porcentaje de Cambio por Año; S<sub>2</sub>=Superficie fecha 2; S<sub>1</sub>=superficie en la fecha 1; t<sub>2</sub> y t<sub>1</sub>=Tiempo inicial y final; n=Número de años entre las dos fechas.



**Figura 2.** Localización del Municipio de Huatusco, Veracruz, México. Fuente: Elaboración propia.

Las tasas de cambio anual (TDA) y porcentaje de cambio por año (P) fueron calculadas en específico para BMM y Vegetación Secundaria de BMM en cinco intervalos de tiempo diferentes, las cuales correspondieron a los años de emisión de cada una de las series cartográficas de uso de suelo y vegetación del INEGI. De forma global se realiza un cálculo entre los años 1985 y 2013, posteriormente se evaluaron entre cada año de emisión de las series cartográficas.

Posteriormente se graficó la evolución del cambio de uso suelo en cada una de las series emitidas por parte del INEGI.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Uso de suelo y cobertura vegetal en el Municipio de Huatusco

El Cuadro 1, muestra la evolución del uso de suelo correspondiente al período 1985-2013. Se indica áreas y porcentajes obtenidas y calculadas en cada una de las series I, II, III, IV y V de las cartas geográficas de uso de suelo y vegetación del INEGI mediante sistemas de información geográfica.

Los valores históricos demuestran que el principal uso de suelo del municipio, se ha dedicado a actividades agropecuarias; por ejemplo, los datos obtenidos en la serie V del INEGI indican que en conjunto los pastizales cultivados y el terreno dedicado a actividades agrícolas abarcan 77.4%, que ha sido mantenido de manera estable en el ciclo evaluado. Durante este período, en conjunto, los valores de la superficie territorial de Bosque Mesófilo

de Montaña y Vegetación Secundaria del mismo, han oscilado entre 16% y 18% del total municipal, constituyendo la tercera proporción territorial del municipio. De acuerdo con las categorías establecidas en las cartas de uso de suelo y vegetación, para el caso específico de BMM, en el municipio se presentan tres tipos: Vegetación primaria, vegetación secundaria arbórea y vegetación secundaria arbustiva. De acuerdo con los datos obtenidos, en el año 1985 existían 2,135 ha de vegetación primaria de BMM y 1,649 ha de secundaria. Actualmente, la primaria abarca 2036 ha y la secundaria 1,374 ha. El BMM está limitado a la región montañosa del municipio, esta condición fisiográfica ha condicionado el avance de los agroecosistemas, sin embargo, esto no ha evitado que se siga presionando este ecosistema y se continúe con la deforestación. La Figura 3 muestra los mapas generados de uso de suelo y vegetación de la zona de estudio para cada una de las series cartográficas del INEGI.

### Bosque Mesófilo de Montaña en el Municipio

En la Figura 4 y Cuadro 2 se observa el evolutivo de la superficie de BMM y Vegetación Secundaria de BMM.

### Tasa de Cambio Anual (TDA) y Porcentaje de Cambio por Año (P)

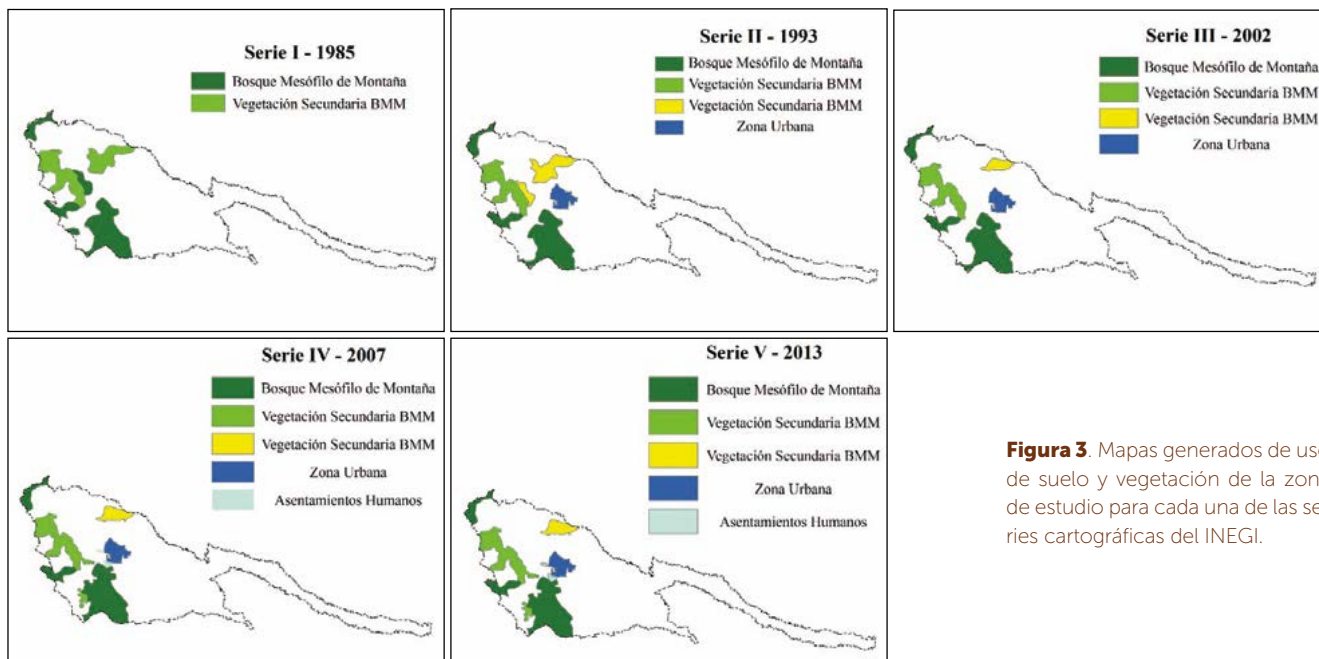
Las tasas de cambio anual (TDA) y porcentaje de cambio por año (P) para BMM, Vegetación Secundaria de BMM y BMM+Vegetación secundaria de BMM se indica en la Figuras 5 A-C respectivamente.

### Cambios en la cobertura de BMM en el municipio durante 1985 y 2013

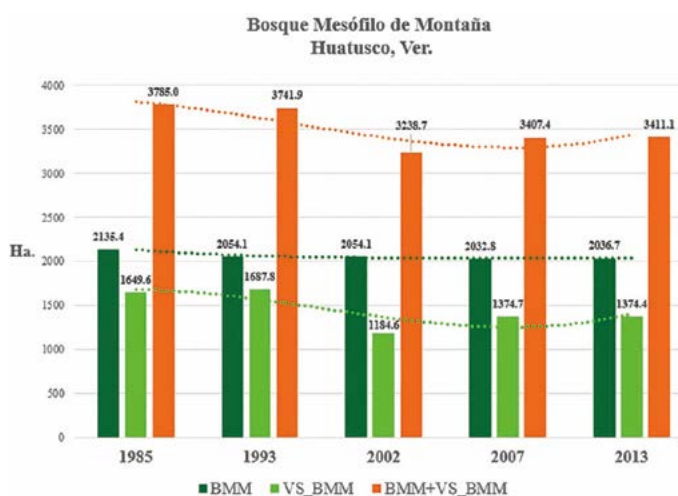
A partir de 1978 se ha generado en México cartografía sobre la cubierta vegetal y el uso del suelo, la información generada abarca diferentes periodos de tiempo lo que permite realizar estudios temporales y cuantificar los cambios existentes entre esos periodos. (INEGI, 2014). El municipio de Huatusco no es ajeno a esto, de acuerdo con los datos obtenidos, el cambio en la cobertura vegetal ha generado una presión importante sobre el bosque

**Cuadro 1.** Evolución de Uso de Suelo en Huatusco, Veracruz, México (Fuente: Series I-V de las Cartas de Uso y Vegetación 1:250 000, INEGI).

Uso de suelo	1985		1993		2002		2007		2013	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%
Agricultura	11066.83	54.52%	10401.40	51.24%	10708.19	52.75%	10937.01	53.88%	10934.35	53.87%
Pastizal Cultivado	4551.73	22.42%	4711.87	23.21%	5234.53	25.79%	4780.00	23.55%	4779.75	23.55%
Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)	2135.42	10.52%	2054.14	10.12%	2054.14	10.12%	2032.79	10.01%	2036.67	10.03%
Vegetación Secundaria BMM	1649.62	8.13%	1687.81	8.32%	1184.55	5.84%	1374.66	6.77%	1374.43	6.77%
Bosque de Encino	N/D	N/D	122.65	0.60%	122.67	0.60%	124.54	0.61%	126.01	0.62%
Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia	894.68	4.41%	957.52	4.72%	631.31	3.11%	625.10	3.08%	622.91	3.07%
Asentamientos Humanos y Zona Urbana	N/D	N/D	362.88	1.79%	362.89	1.79%	424.17	2.09%	424.16	2.09%
	20298.27	100.00%	20298.27	100.00%	20298.28	100.00%	20298.27	100.00%	20298.28	100.00%



**Figura 3.** Mapas generados de uso de suelo y vegetación de la zona de estudio para cada una de las series cartográficas del INEGI.

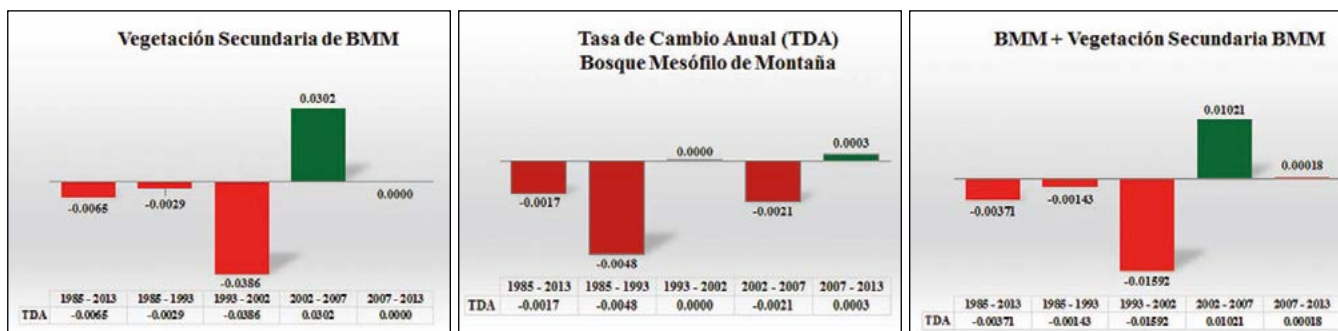


**Figura 4.** Evolución del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), Vegetación Secundaria de Bosque Mesófilo de Montaña (VS\_BMM) y Bosque Mesófilo de Montaña Vegetación Secundaria de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM+VS\_BMM) en Huatusco, Veracruz, MEXICO (Fuente de elaboración propia).

mesófilo de montaña y la dinámica indica que se ha perdido una cantidad significativa de vegetación primaria, secundaria arbórea y arbustiva de bosque. El cambio más drástico observado, se presenta en la vegetación secundaria de BMM con 0.65% menos que la superficie original presente en 1985 (TDA=-0.0065), destaca la pérdida ocurrida durante el período comprendido entre los años 1993-2002 en el cual se presenta un valor -3.93% (TDA=-0.0386, 503 hectáreas menos). En vegetación primaria de BMM se tiene una TDA de -0.0017 y el cambio más significativo se presentó durante el período comprendido entre 1985 y 2003 con 0.485% menos (81 hectáreas menos). El análisis cartográfico de los cambios de cobertura y uso del suelo se obtiene a través de la comparación de mapas de diferentes fechas al sobreponer dos mapas de diferentes fechas obteniendo los tipos de cambio, su superficie y localización. (Mas, Velázquez, & Couturier, 2009). Los cambios observados

**Cuadro 2.** Evolución en la Superficie de Bosque Mesófilo de Montaña y Vegetación Secundaria de BMM de Huatusco, Veracruz, México.

Año	BMM		Vegetación Secundaria (ha)		BMM+VSBMM	
	ha	% municipio	ha	% municipio	ha	% municipio
1985	2135.4	10.52%	1649.6	8.13%	3785.0	18.65%
1993	2054.1	10.12%	1687.8	8.32%	3741.9	18.43%
2002	2054.1	10.12%	1184.6	5.84%	3238.7	15.96%
2007	2032.8	10.01%	1374.7	6.77%	3407.4	16.79%
2013	2036.7	10.03%	1374.4	6.77%	3411.1	16.80%



**Figura 5.** TDA y P para Bosque Mesófilo de Montaña, para Vegetación Secundaria de Bosque Mesófilo y para el conjunto Bosque Mesófilo de Montaña y Vegetación Secundaria de Bosque Mesófilo de Montaña.

indican pérdidas importantes en bosques y selvas del país, terrenos que generalmente se convierten en áreas para el desarrollo de agroecosistemas. Los cambios en la cobertura y uso del suelo afectan los sistemas globales, dichos cambios llegan a sumar un total significativo y se reflejan en buena medida en la cobertura vegetal, razón por la cual se toman como referencia para algunas aplicaciones que van desde el monitoreo ambiental, la producción de estadísticas como apoyo a la planeación, evaluación del cambio climático y evaluación de procesos de desertificación, entre otros (INEGI, 2014). De forma global, durante el lapso comprendido entre 1985 y 2013, se ha perdido un total de 98.7 hectáreas de vegetación primaria de BMM; lo que representa una tasa de deforestación de  $3.52 \text{ ha año}^{-1}$ . El cambio más drástico se observa en la vegetación secundaria de BMM la cual ha perdido un total de 275.2 ha, que se traduce en una tasa de deforestación de  $9.8 \text{ ha año}^{-1}$ . Como puede apreciarse en los resultados obtenidos, existen importantes áreas territoriales de BMM en el municipio que han sido perturbadas a lo largo de los últimos veintiocho años. Los cambios más significativos se aprecian en la vegetación secundaria de bosque Mesófilo de montaña, pre-

sentándose el cambio más drástico durante el período comprendido entre los años 1993 y 2002, donde se perdieron más de quinientas hectáreas. La cuantificación o medición de la deforestación ha resultado ser muy compleja ya que las estimaciones realizadas hasta la fecha están influenciadas por múltiples conceptos, diversos objetivos y metodologías que no permiten su comparación (Céspedes-Flores & Moreno-Sánchez, 2010). Las tablas indican que, si bien los valores globales de TDA y P para BMM del municipio son relativamente bajos ( $TDA = -0.0037$ ,  $P = -0.37\%$ ), considerando la función e importancia de los servicios ecosistémicos que el bosque ofrece, el área degradada representa una pérdida irreparable.

## CONCLUSIONES

**La reducción** observada en la vegetación de BMM del municipio es preocupante y la tendencia actual no muestra signos alentadores de recuperación. Los servicios ecosistémicos y la importancia de la biodiversidad del bosque mesófilo de montaña se encuentran seriamente amenazados. La presencia de BMM en Huatusco se suscribe al macizo montañoso que rodea la parte oeste del municipio, virtud que se convierte en el principal motivo por el cual se ha logrado preservar este importante ecosistema, sin embargo, el crecimiento demográfico de las localidades adyacentes y la búsqueda de nuevos territorios para el desarrollo de agroecosistemas, representa la principal amenaza a su supervivencia. Esta característica del BMM puede ser común a todo el territorio veracruzano, ya que al presentar pendientes pronunciadas de difícil acceso, la degradación ha sido menor. De continuar con la tendencia actual de deforestación y de acuerdo con los valores de la Tasa de Cambio Anual (TDA) calculados, en menos de 50 años el BMM estaría perdido en su totalidad.

## AGRADECIMIENTOS

A Dra. Olga Tejeda Sartorius y M.C. María de los Ángeles Téllez Velasco, organizadoras del Simposio "El Bosque de Niebla y sus Orquídeas: Estrategias de conservación y sustentabilidad", por su amable invitación a participar como ponente en éste evento.

## LITERATURA CITADA

Bierregaard R.O., C. Gascón C. 2001. History of a long term conservation project. Michigan, E.E.U.U.: Yale University Press.

- Céspedes-Flores S.E., Moreno-Sánchez E. 2010. Estimación del valor de la pérdida del recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. (INECC, Ed.) Investigación Ambiental, 5-13.
- CICESE. 2013. Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN con gráficas del CICESE. Recuperado el 14 de Noviembre de 2013, de BASE DE DATOS CLIMATOLÓGICA NACIONAL (SISTEMA CLICOM): <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- FAO. 1996. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Forest resources assessment 1990(130).
- González-Espinosa M., Meave J., Ramírez-Marcial N., Toledo-Aceves T., Lorea-Hernández F., Ibarra-Manríquez G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. ECOSISTEMAS, 36-52.
- Herrerías-Diego Y., Benitez-Malvido J. 2005. Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. En O. e. Sánchez, Temas sobre restauración ecológica (págs. 113-122). México D.F.: INESEMARNAT.
- INEGI. 2013. Compendio de información Geográfica Municipal 2010 - Huatusco. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. 2014. Guía para la Interpretación de cartografía Uso de suelo y vegetación Escala 1:250000 SERIE V. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Mas J.F., Velázquez A., Couturier, S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. (INE, Ed.) Investigación Ambiental, 23-39.

