

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL SUELO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA BARRANCA DE METZTITLÁN, HIDALGO, MÉXICO (1973-2006)

Gabriela M. Vázquez-Cuevas e Iván Ernesto Roldán Aragón^{1,2}

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco

RESUMEN

Se evaluaron los cambios de cobertura del suelo en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México en el periodo de 1973 a 2006 utilizando clasificación supervisada e interpretación visual de imágenes satelitales Landsat MSS, ETM⁺ y Spot. Obteniendo los mapas de cobertura del suelo para ambas fechas, un mapa de cambio, así como su tasa y dirección. La cobertura con mayor superficie ocupada es Matorral (70.3% y 62.3%) para 1973 y 2006 respectivamente, el 87.81% del área total de la reserva no presentó cambios en el periodo estudiado. La mayor parte de los cambios se localizaron en áreas bajo influencia directa de las actividades humanas, siendo el Pastizal la cobertura con la mayor tasa de crecimiento, y en sentido opuesto, la cobertura con mayor reducción fue el Bosque de Latifoliadas.

Palabras clave: Cobertura del suelo, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, zona semiárida, mapa de cambio, imágenes de satélite.

LAND-COVER CHANGE EVALUATION IN THE RESERVE OF THE BIOSPHERE BARRANCA DE METZTILAN, HIDALGO, MEXICO (1973-2006)

ABSTRACT

The changes of the land-cover in the Reserve of the Biosphere Barranca de Metztlán, Hidalgo, Mexico were evaluated in the period from 1973 to 2006, with base in a supervised classification and visual interpretation of Landsat MSS, ETM⁺ and SPOT satellite images. The maps of land-cover, land-cover change, as well as the rate and direction of change were obtained for both dates. The cover with greater surface is Scrubland occupying 70.3% and

Fecha de recepción: 7 de enero de 2010. Fecha de aceptación: 26 de mayo de 2010.

1 Departamento El Hombre y Su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco). Calz. del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán 04960. México, D.F. gabmar@hotmail.com y ieroldan@mail.com

2 El trabajo desarrollado es el resultado de la Tesis de Licenciatura en Biología de Gabriela Marisol Vázquez Cuevas, realizada en la Universidad de Autónoma Metropolitana durante el año 2008.

62.3% of the total area of the reserve for 1973 and 2006 respectively. The 87.81% of the total area did not present changes for the studied period. Most of the changes were located in areas under direct influence of human activities, being the Grassland cover has the higher growing, in opposite sense; the cover that presented the greater reduction was the Broadleaf Forest.

Key words: Land-cover, Reserve of the Biosphere Barranca de Metztitlan, semiarid land, change map, satellite images.

INTRODUCCIÓN

El cambio de cobertura y uso del suelo producido por las actividades humanas son el principal agente transformador de los ecosistemas (Mustard *et al.*, 2004); por lo que se reconoce mundialmente la importancia de la comprensión de las dinámicas de cambio de cobertura/uso del suelo y su efecto en la estructura y función de los ecosistemas (Lambin *et al.*, 2003).

En el caso de México, se estiman tasas de cambio de uso del suelo del orden de -0.43% y -1.1% anual para los periodos de 1976-2000 y 1993-2000 respectivamente (Velázquez *et al.*, 2002). Como parte de la estrategia ante el cambio de uso del suelo y otras amenazas sobre la biodiversidad y medio ambiente, se decretaron las Áreas Naturales Protegidas (ANP), teniendo como objetivo la conservación de ecosistemas singulares en México; a pesar de lo anterior, dichos cambios continúan presentándose, teniendo como ejemplos los casos del Parque Nacional Nevado de Toluca (Franco-Maass *et al.*, 2006), la Reserva de La Biosfera Pantanos de Centla, (Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2006), la Reserva de la Biosfera de Calakmul (García-Gil *et al.*, 2001) y la zona prioritaria de Tehuacán-Cuicatlán (Semarnat, 2003), todas localizadas en México y donde en mayor o menor magnitud fueron determinadas disminuciones en su cobertura vegetal.

A pesar de lo anterior son pocas las ANP mexicanas que cuentan con datos concretos de cambios en su cobertura del suelo como es el caso de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM), siendo considerada como zona prioritaria para la conservación por pertenecer al corredor biológico de las zonas áridas del Altiplano Central de México (Conanp, 2003).

El estudio presentado en este documento tuvo como objetivo general establecer los cambios de cobertura del suelo de la RBBM en el periodo de tiempo de 1973 a 2006, así como la estimación de la tasa y dirección de cambio de las coberturas consideradas.

ÁREA DE ESTUDIO

El área ocupada por la RBBM se localiza en el Centro-Este del estado de Hidalgo, México (**Figura 1**) entre los paralelos 98°23'00» y 98°57'08» longitud oeste y 20°14'15» y 20°45'26» latitud norte, con elevaciones entre 1.000 y 2.000 msnm y una extensión total de 96,042.94 hectáreas. En general el clima es seco y cálido, con precipitación media anual inferior a 500 mm, y un máximo de 600 a 700 mm en las áreas localizadas a mayor altitud; la temperatura media anual oscila entre 18°C y 22°C. Desde el punto de vista florístico se tienen registradas 465 especies vasculares, de las cuales 7 son endémicas de la Barranca



FIGURA 1

Localización de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México.

de Metztitlán (Conanp, 2007), En cuanto a fauna, se conocen 10 especies endémicas de México y el mismo número de especies endémicas a Mesoamérica (Conanp, 2003).

En la RBBM se ha detectado el cambio de cobertura y uso del suelo por la expansión de la frontera agrícola y asentamientos humanos principalmente (Conanp, 2003).

METODOLOGÍA

Se utilizaron sub-escenas de tres imágenes satelitales de la zona de Pachuca de Soto, Hidalgo, México; dos Landsat MSS y ETM⁺ (P26-R46) de los años 1973 y 2006 respectivamente, y una imagen SPOT de la misma región del año 2006. Las imágenes fueron corregidas geométricamente con un RMS final de 1.034 m utilizando el Datum NAD-27 y el sistema de coordenadas UTM. La leyenda de trabajo fue establecida teniendo en cuenta la cartografía existente para años anteriores, teniendo 10 categorías de coberturas (**Tabla 1**). El método de clasificación fue de tipo mixto.

La clasificación supervisada se utilizó para las coberturas de Selva Baja Caducifolia, Bosque de Coníferas, Bosque Mixto, Bosque de Latifoliadas, Matorral, Pastizal y Suelo Descubierta, empleando el clasificador de máxima verosimilitud e información cartográfica

auxiliar (Chuvieco, 1996) derivada de mapas de vegetación y uso del suelo de los años 1976 y 2006 (Ine, 2007a; 2007b), a partir de los cuales se determinó la probabilidad de ocurrencia de cada cobertura por fecha (**Tabla 1**). La segunda clasificación consistió en la interpretación visual de composiciones RGB (231 para 1973-MSS, 345 para 2006 -ETM+ y 235 para SPOT-2006) de las cuales se obtuvieron los polígonos de las clases Agua, Agricultura y Asentamientos Humanos.

Como producto de ambos procesos de clasificación se obtuvo un mapa preliminar de cobertura de suelo para cada fecha, el cual fue corregido durante la verificación en campo (1 a 3 de diciembre de 2008) en puntos seleccionados como representativos de las zonas con mayor cambio y con la utilización de un plano de altitud generado a partir del conjunto de datos vectoriales de curvas de nivel de la serie topográfica con escala 1:1.000.000 (Inegi, 2000).

TABLA 1
Leyenda utilizada en la cartografía de coberturas del suelo.

Cobertura del Suelo	Especificaciones	Probabilidad de ocurrencia	
		1973	2006
Agua	Cuerpos de agua	ND	ND
Agricultura	Todo tipo	ND	ND
Selva Baja Caducifolia	Selva Baja Caducifolia	0.029	0.022
Bosque de Coníferas	Pino / Tascate	0.035	0.017
Bosque Mixto	Pino-Encino / Encino-Pino	0.024	0.022
Bosque de Lati foliadas	Bosque de encino	0.018	0.012
Matorral	Xerófilo / Submontano	0.7	0.6
Pastizal	Natural / Inducido	0.17	0.26
Suelo Descubierta	Suelo sin cobertura aparente	0.003	0.074
Asentamientos Humanos	Asentamientos Humanos	ND	ND

**ND: No Determinado*

Para la realización del análisis multitemporal por cruce de tablas fue homogeneizada la resolución para ambas fechas y se aplicó un filtro 3x3 basado en la moda; a partir de esto se obtuvo el mapa de cambio y la matriz correspondiente a partir de la cual se elaboró el diagrama de dirección de cambio. La tasa de cambio de cada cobertura, fue calculada de acuerdo a la ecuación recomendada por la FAO (1996. Citado por Velázquez *et al.*, 2002).

$$\delta n = [S_2 / S_1]^{1/n} - 1$$

En donde: δn = tasa de cambio anual (multiplicada por 100, expresa la tasa porcentual), S_1 = superficie en la fecha 1 y S_2 = superficie en la fecha 2.

RESULTADOS

Para ambas fechas, la clase que ocupa mayor superficie es Matorral con 70.3% (67509 ha) y 62.3% (59868 ha), respectivamente. En sentido opuesto, la clase con menor superficie corresponde al Bosque de Latifoliadas con 675 ha (0.7%) en 1973 y 372 ha (0.38%) para 2006 (**Tabla 2**).

TABLA 2
Superficie en hectáreas y porcentaje de las coberturas del suelo en la RBBM para 1973 y 2006.

Cobertura del Suelo	Área 1973		Área 2006	
	has	%	has	%
Agua	978.6	1.0	1279.5	1.3
Agricultura	7297.9	7.6	11820.5	12.3
Selva Baja Caducifolia	8180.0	8.5	6211.4	6.5
Bosque de Coníferas	4278.0	4.5	4012.8	4.2
Bosque Mixto	1094.3	1.1	1262.6	1.3
Bosque de Latifoliadas	675.8	0.7	372.0	0.4
Matorral	67509.0	70.3	59868.0	62.3
Pastizal	2136.2	2.2	4164.6	4.3
Suelo Descubierta	3614.5	3.8	6559.1	6.8
Asentamientos Humanos	275.8	0.3	489.6	0.5

Tomando en su conjunto a la RBBM, se obtuvo que 87.81% del área no ha presentado cambio, es decir, que en esta superficie (84335 ha) han persistido las coberturas que existen actualmente. En cuanto a las distintas coberturas del suelo, se puede observar que las clases Bosque de Latifoliadas, Selva Baja Caducifolia, Matorral y Bosque de Coníferas son los tipos de vegetación que proporcionalmente pierden más terreno, con tasas de cambio anual de -1.79% , -0.83% , -0.36% y -0.19% , respectivamente. Mientras que en el caso contrario, fueron Pastizal (2.04%), Suelo Descubierta (1.82%), Asentamientos Humanos (1.75%) y Agricultura (1.47%) las clases que anualmente presentaron un mayor crecimiento durante el periodo de tiempo estudiado (**Figura 3**).

Finalmente, considerando la dirección de cambio, si expresamos los cambios en función del área ocupada por cada cobertura del suelo (**Figura 4**), se tiene que la clase más afectada, puesto que al perdido 44.95% de su superficie es el Bosque de Latifoliadas, seguida del Pastizal con una pérdida de 34.21%, sin embargo, esta última clase también es la que ha recibido una cantidad relativa importante de hectáreas, por lo que se puede decir que es la clase más dinámica debido a las pérdidas y ganancias y al presentar el segundo valor (59.35%) más bajo de persistencia, después del Bosque de Latifoliadas (55.05%).

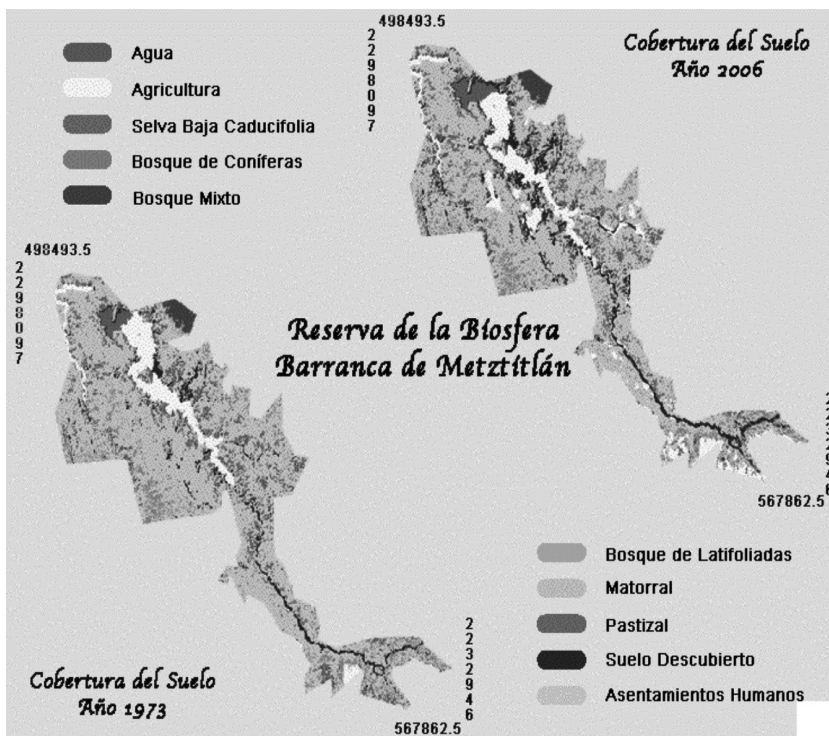


FIGURA 2

Mapas de coberturas del suelo de la RBBM para los años de 1973 y 2006.

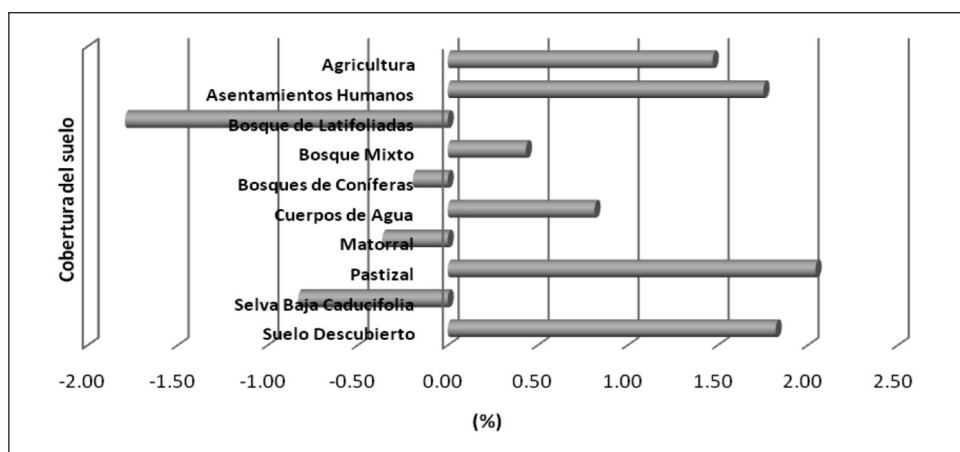


FIGURA 3

Tasa de cambio anualizada por cobertura del suelo (%).

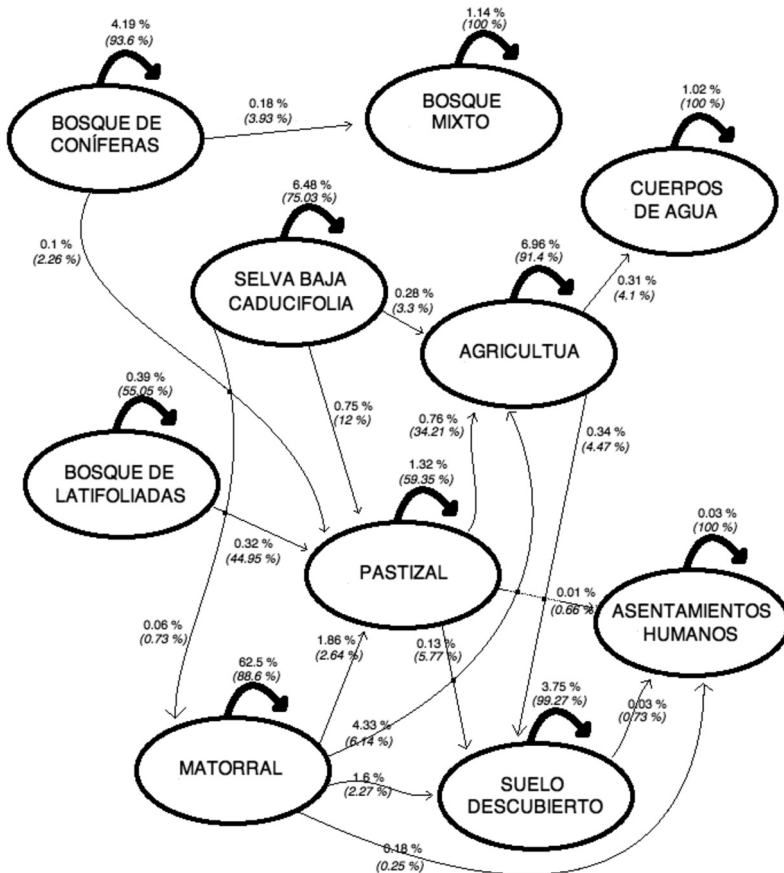


FIGURA 4

Dirección y magnitud de cambio de la cobertura del suelo de 1973 a 2006 en relación a la superficie total y relativa a cada clase de cobertura del suelo (cursivas).

DISCUSIÓN

La superficie calculada para cada tipo de cobertura del suelo en la RBBM en 2006, es similar a lo señalado por el programa de manejo de la Reserva del año 2000 (Conanp, 2003), a excepción de las coberturas de Selva Baja Caducifolia y Pastizal, para las que se calculan áreas (6.94% y 4.65% respectivamente) superiores en el presente trabajo a diferencia de los valores obtenidos por la CONANP los cuales son de 1.27% para Selva Baja Caducifolia y 1.42% para Pastizal. Por su parte, el INE (2007a; 2007b) en los mapas de vegetación y uso del suelo para el estado de Hidalgo del año 2000, obtiene porcentajes semejantes a los obtenidos en este estudio. La discrepancia entre los datos reportados en este trabajo e INE (2007a; 2007b) respecto a CONANP (2003), puede haber sido producida por las técnicas

y fuentes de información empleadas para la generación de los mapas correspondientes, lo que según Velázquez et al. (2002) produce diferencias en las estimaciones.

La RBBM expresa patrones semejantes de cambio a los observados a nivel Nacional y Estatal, con tasas superiores o inferiores a las estimadas para las escalas geográficas consideradas, pero en común con pérdida para los tres niveles en las coberturas de origen naturales (Selva Baja Caducifolia, Bosque de Coníferas, Bosque Mixto, Bosque de Lati-foliadas, Matorral y algunas fracciones de Pastizal) y, ganancias, para aquellas asociadas a las actividades antrópicas (Fracciones de Pastizal, Agricultura, Suelo Descubierto y Asen-tamientos Humanos), patrones ya antes mencionados por diversas instituciones nacionales e internacionales (Semarnat, 2005 y Fao, 2007).

Se observó el crecimiento de la frontera agrícola dentro del polígono de la RBBM asociado al aumento de los asentamientos humanos, el cual es un patrón considerado como común debido al aumento en la demanda de alimento. Pese a lo anterior éste cre-cimiento es inferior al calculado a nivel nacional, el cual es de 1.13% anual (Semarnat, 2005; Fao, 2007).

En el contexto de áreas con condiciones climáticas y ecológicas semejantes a las de la RBBM, se encuentran dos de las consideradas en el Programa de Desarrollo Regional Sustentable (Proders) auspiciado por la SEMARNAT (2003), estas son el área prioritaria Tehuacán – Cuicatlán y el Valle del Mezquital. En estas zonas y en la RBBM se observan una disminución de las coberturas de origen natural y el aumento de las antropogénicas. Considerando distintas coberturas en una clase general «Áreas abiertas» (áreas desprovistas de vegetación y cultivos, principalmente), se tiene que la RBBM presenta la menor tasa de cambio con un valor de 1.6% anual, en comparación a las tasas estimadas de 2.41% y 3.25% para la zona de Tehuacán – Cuicatlán y el Valle del Mezquital, respectivamente. En esta última zona, al igual que en Metztlán se desarrolla una agricultura de riego de forma importante. En cuanto a coberturas naturales, es en Matorral en la que se presentan las mayores tasas de cambio para las tres zonas, mostrando el valor inferior la RBBM (-0.36%) y el superior el Valle del Mezquital (-2.25%). El mismo patrón se observa para «Bosque» con tasas anuales de -0.21% en Metztlán, -0.57% en Tehuacán – Cuicatlán y -1.76% en el Valle del Mezquital.

Mención especial amerita la Selva Baja Caducifolia que para la RBBM (-0.83%) presenta una tasa de cambio mayor en comparación al cambio estimado para el área de Tehuacán – Cuicatlán (-0.49%).

Los patrones en la dirección de cambio observados en la RBBM concuerdan con los establecidos a nivel Nacional y de áreas como Tehuacán – Cuicatlán y del Valle del Mez-quital (ambos en México) puesto que, considerando la clase que mayor pérdida presenta (Matorral) la transferencia de hectáreas se da principalmente hacia la Agricultura y, en segundo término, al Pastizal.

Finalmente, las generalizaciones en las clases de cobertura del suelo no dan cuenta del continuum de perturbación al interior de las comunidades vegetales, por lo que es importante abordar otros estudios que den cuenta del estado y tendencias de cambio a otras escalas geográficas.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran un valor de persistencia de las coberturas del suelo para la RBBM de 87.81%. Las coberturas del suelo con mayor tasas de cambio negativas entre los años 1973 y 2006 son Bosque de Latifoliadas y Selva Baja Caducifolia. En el caso contrario, con valores positivos, se encuentran la clase Pastizal y Suelo descubierto.

Los cambios de mayor magnitud proceden de la cobertura de Matorral a Pastizal, de Matorral a Suelo Descubierto y de Selva Baja Caducifolia a Suelo descubierto.

Pese a que se presenta reducción en las coberturas del suelo de origen natural, los cambios evaluados en la mayoría de las clases de cobertura del suelo son menores a los estimados a nivel nacional, estatal y de áreas semejantes a la RBBM.

De los cambios detectados, es posible concluir que éstos son producto de la presión antropogénica, principalmente por parte de la expansión de la frontera agrícola y de asentamientos humanos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) del estado de Hidalgo por haber proporcionado las imágenes satelitales del año 2006, al proyecto de Aplicación de los SIG a la Planeación Ambiental y al Manejo de los Recursos Naturales del departamento El Hombre y su Ambiente de la UAM – Xochimilco por el apoyo económico para las salidas de campo y al personal de la Reserva de la Biosfera Barrancas de Metztlán, en especial a la Ing. en Recursos Naturales María Eugenia Mendiola por su apoyo logístico en el campo.

REFERENCIAS

- CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones RIALP. España.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2003): *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, México*. CONANP. México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2007): *Cambio de Uso del Suelo. Consulta: 1 de enero de 2009. Última actualización: 2007*. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/sig/reunion/Proyecto_CONANP.pdf.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007): *State of the World's Forests*. FAO. Roma.
- FRANCO-MAASS, S., H.H. REGIL-GARCÍA, C. GONZÁLEZ-ESQUIVEL & NAVABERNAL, G. (2006): «Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000». *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 61, pp. 38-57.
- GARCÍA-GIL, G., I. MARCH-MIFSUT & CASTILLO-SANTIAGO, M.A. (2001): «Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche». *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 46, pp. 45-57.

- GUERRA-MARTÍNEZ, V. & OCHOA-GAONA, S. (2006): «Evaluación espacio-temporal de la vegetación y uso del suelo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000)». *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 59, pp. 7-25.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2007a. *Vegetación y uso del suelo 1976, Estado de Hidalgo*. Consulta: 14 de febrero de 2009. Última actualización: 1 de noviembre de 2007. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/emapas/hgo_04.html.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2007b. *Vegetación y uso del suelo 2000, Estado de Hidalgo*. Consulta: 14 de febrero de 2009. Última actualización: 1 de noviembre de 2007. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/emapas/hgo_03.htm.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística) (2000): *Curvas de Nivel*. Consulta: 13 de diciembre de 2008. Última actualización: Diciembre de 2008. Disponible en: http://mapserver.inegi.org.mx/data/inf_elm/.
- LAMBIN E.F., J.G. HELMUT & LEPERS, E. (2003): «Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions». *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28: 205-241.
- MUSTARD J.F., R.S. DEFRIES, T. FISHER & MORAN, E. (2004): «Land use and land cover change pathways and impacts». En: GUTMAN, G., JANETOS, A.C., JUSTICE, C.O., MORAN, E.F., MUSTARD, J.F., RINDFUSS, R.R., SKOLE, D., TURNER II, B.L. & COCHRANE, M.A. (Eds.). *Land Change Science: Observing, monitoring and understanding trajectories of change earth's surface*. Kluwer Academic Publishers. Holanda.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2003): *24 Regiones Proders. La Deforestación*. SEMARNAT, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2005): *Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales*. Consulta: 15 de enero de 2008. Última actualización: 2005. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/index.html.
- VELÁZQUEZ, A., MAS, J.F., DÍAZ-GALLEGOS, J.R., MAYORGA-SAUCEDO, R., ALCÁNTARA, P.C., CASTRO, R., FERNÁNDEZ, T., BOCCO, G., EZCURRA, E. & PALACIO, J.L. (2002): «Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México». *Gaceta Ecológica*. 62, pp. 21-37.