

UNA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL AISLAMIENTO, LA TOPOGRAFÍA, LOS SUELOS Y EL ESTATUS DE PROTECCIÓN SOBRE LAS TASAS DE DEFORESTACIÓN EN MÉXICO

An evaluation of Island Effect, topographie, soils and the protection status in the deforestation rates in Mexico

Jean-François Mas, Alejandro Velázquez y Rutilio CASTRO*
Antoine SCHMITT**

RESUMEN

Un mapa de deforestación del territorio mexicano, derivado de la superposición de dos cartografías de uso del suelo y vegetación de 1993 y 2000, se comparó con variables espaciales como el aislamiento (distancias a las carreteras y a las poblaciones), la topografía (altitud y pendiente), el tipo de suelos y el estatus de protección (dentro de una ANP o fuera) en un sistema de información geográfica (SIG). Para evaluar la relación entre la deforestación y estas variables explicativas, se llevaron a cabo algunas pruebas estadísticas (prueba chi cuadrado de Pearson y V de Cremer) y se desarrolló un modelo de regresión logística. Los resultados indican que el aislamiento, la topografía y el tipo de suelo influyen las tasas de deforestación mientras el efecto del estatus de protección es muy marginal.

Palabras-clave: Áreas naturales protegidas, deforestación, sistema de información geográfica, México.

ABSTRACT

A deforestation map of the Mexican territory, derived from the overlay of two land use/cover maps dated 1993 and 2000, was compared with spatial variables such as remoteness (distance from roads and human settlements), topography (elevation and slope), soil type and protection

* Instituto de Geografía – Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),
jfranz@igis.geograf.unam.mx

** Faculté des Sciences et Technologies – Université PARIS XII

status (inside or outside a natural protected area) using a geographic information system (GIS). In order to determine the relationship between the deforestation and the explanatory variables, different statistical tests (Pearson's chi-square test and Cramer's V calculator) were carried out and a logistic regression model was developed. Results indicate that remoteness, topography and soil type have an influence on deforestation rate whereas the effect of the status of protection is non-significant.

Key-words: natural protected areas, deforestation, geographic information system, Mexico.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países considerado como megadiverso, con Brasil, Australia, Colombia e Indonesia entre otros (GROOMBRIDGE; JENKINGS, 2000). Al igual que la mayoría de los países tropicales, conoce procesos de cambio de cobertura del suelo muy rápidos, entre los cuales se destaca la deforestación. La tasa de deforestación anual promedio durante las tres últimas décadas fue estimada en 0,25 % y 0,76 % para los bosques tropicales y templados respectivamente (VELÁZQUEZ et al., 2002a; 2002b; MAS et al., 2002a; 2002b). Muchos estudios demostraron que estos cambios tienen un impacto negativo sobre la hidrología regional, el cambio climático y la biodiversidad entre otros (TURNER, 1996; PUIG, 2000) y llevan a una reducción de los servicios ambientales (LAMBIN et al., 2001).

En este contexto se implementó una política de protección de los ecosistemas naturales a través del desarrollo de las áreas protegidas naturales (ANP). Actualmente, en México, existen 127 áreas naturales que cubren más de 17 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente 9 % del territorio. Se argumentó que las ANP son un medio eficiente para detener los procesos de degradación en los países tropicales (BRUNER et al., 2001). Sin embargo, muchos autores reportan altas tasas de deforestación dentro de las ANP (HANSEN et al., 1991; PCARRD, 1991; APAN; PETERSON, 1998; FERREIRA et al., 1999; SINGH, 1999).

En este estudio, se evalúa el efecto de variables como el aislamiento (distancias de las carreteras y de las poblaciones), la topografía (altitud y pendiente), los tipos de suelos y el estatus de protección (dentro o fuera de una ANP) sobre las tasas de deforestación para determinar cuáles de estas variables contribuyen más para la conservación de los ecosistemas naturales.

MÉTODOS Y MATERIALES

ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS ESPACIAL

Para evaluar las áreas deforestadas, se utilizó una base de datos geográfica multifecha sobre cambio de uso del suelo y vegetación (MAS et al., 2002a; 2002b; VELÁZQUEZ et al., 2002a; 2002b). Esta base de datos consiste en 3 cartografías de todo el territorio a la escala 1:250.000 para los años 1976, 1993 y 2000. Las tres fuentes son compatibles en escala, sistema clasificatorio y son actualizaciones sucesivas de la cartografía inicial (1976) elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi) con base en la interpretación visual de fotografías aéreas y un intenso trabajo de campo (INEGI, 1980; PALACIO et al., 2000; VELÁZQUEZ et al., 2001; MAS et al. 2002c). Las cartografías se integraron en la base de datos de un sistema de información geográfica (SIG) en formato vectorial. Se desarrollaron diversos mecanismos de evaluación y mejoramiento de la calidad de la base de datos para reducir las incongruencias debidas a errores en la captura de la información o errores en la elaboración de los mapas (MAS et al., 2002a; 2002b; VELÁZQUEZ et al., 2002a; 2002b). Se generó un mapa de deforestación, en formato raster (con celdas de 100 x 100 metros) para el periodo 1993-2000 que indica para cada píxel clasificado como forestal en 1993 si el área forestal correspondiente al píxel fue deforestada o conservada. En este estudio se consideraron como cubierta forestal los bosques templados y tropicales, los matorrales y los manglares.

Se buscó establecer la relación entre la deforestación y variables explicativas como la distancia de las vías de comunicación y de los asentamientos humanos, la elevación, la pendiente, el tipo de suelo y las ANP. Para ello se generaron las variables espaciales, en formato raster, utilizando también celdas de 100 x 100 m, que se indican a continuación:

- Distancia de las carreteras, derivada de los mapas topográficos, escala 1:250.000 del Inegi,
- Distancia de los asentamientos humanos (datos derivados del censo de población 2000 del Inegi),
- Elevación (modelo digital de elevación, derivado de los mapas topográficos de Inegi, escala 1:250.000).
- Pendiente derivada del modelo digital de elevación,
- Mapa digital de suelos, del Inegi (versión digital del INIFAP-CONABIO, 1995),

- Los límites de las ANP creadas antes de 1993, obtenidos a través del Instituto Nacional de Ecología (INE).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RELACIÓN ENTRE LA DEFORESTACIÓN Y LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

En una primera etapa, se calculó la tasa de deforestación y el valor promedio de las variables explicativas dentro y fuera de las ANP. La tasa de deforestación se calculó con base en la ecuación utilizada por FAO (1996). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año.

$$t = \left(\frac{S_2 - S_1}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

donde t es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S_1 es la superficie en la fecha 1

S_2 es la superficie en la fecha 2 y

n es el número de años entre las dos fechas

Se generó una base de datos tabular que indica para cada píxel forestal en 1993, la distancia de las carreteras y de los asentamientos humanos, la elevación, la pendiente, el tipo de suelo, si el píxel se ubica dentro o fuera de una ANP y si hubo o no deforestación durante el periodo 1993-2000. Para reducir el tamaño de los datos no se utilizaron todos los píxeles, sino una muestra obtenida por un muestreo sistemático (un píxel cada 4 kilómetros).

Con el fin de establecer una jerarquía de las variables que influyen en el proceso de deforestación, se calcularon diferentes medidas estadísticas (ASPAN; PETERSON, 1998). El análisis estadístico se dividió en dos partes:

- 1) Prueba χ^2 cuadrado de Pearson y prueba de Cramer V.
- 2) Regresión logística.

El χ^2 cuadrado de Pearson permite saber si existe una correlación estadísticamente significativa entre cada una de las variables explicativas y la variable dependiente, comparando las frecuencias esperadas y observadas. Por ejemplo, en este estudio, se evalúa si la tasa de

deforestación es significativamente diferente en áreas con diferentes rangos de pendientes. El χ^2 de Pearson depende de la unidad de medida (es decir que su valor es diferente si la pendiente se expresa en grados o en porcentaje). Por esta razón, Cramer ideó un índice basada en el χ^2 cuadrado, llamado V de Cramer, cuyo valor varía entre 0 y 1, lo que permite interpretarlo de manera directa y evaluar la intensidad de la relación entre las variables (CRAMER, 1994; SHAW; WHEELER, 1994). Así, un valor de 0 indica que las frecuencias esperadas coinciden con las observadas, y por tanto la relación es nula. Al opuesto, un valor de 1 implica una máxima relación entre las 2 variables. En estas pruebas, las variables explicativas son categóricas (cualitativas), por lo cual se establecieron rangos de valores.

Existen numerosas aplicaciones de la regresión logística para modelo de predicción espacial como modelos de cambio de coberturas y uso de suelo (ASPAN; PETERSON, 1998; MAS et al., 2000), deslizamientos (GUNTER et al., 2000), distribución de especies (OSBORNE; TIGAR, 1992; MANEL et al., 1999). La regresión logística permite establecer una relación entre una variable dependiente binaria (deforestación / no-deforestación en este caso) y variables explicativas (HOSMER; LEMESHOW, 1989; KLEINBAUM, 1994).

$$\log \left(\frac{p_1}{1-p_0} \right) = \beta_0 + \sum \beta_j x_j \quad (1)$$

donde p_1 es el valor de la variable binaria (deforestación: 1, no-deforestación: 0), x_j son j variables geográficas para una región i y β_j son los parámetros de la regresión que se deben estimar.

Se calcularon los coeficientes de correlación entre variables explicativas, para verificar que estas no estén muy correlacionadas (colinealidad), lo que conduce a un modelo desprovisto de sentido y por lo tanto a unos valores de los coeficientes no interpretables (MOLINERO, 2001). Puesto que la metodología empleada para la estimación del modelo logístico se basa en la utilización de variables cuantitativas, es incorrecto que en él intervengan variables cualitativas, como el tipo de suelo. Por esta razón, se crearon tantas variables dicotómicas como tipos de suelos. Estas nuevas variables, artificialmente creadas, reciben en la literatura anglosajona el nombre de *dummy*, traduciéndose en español *variables infemas*, *indicadoras* o *variables diseño* (MOLINERO, 2001).

Con el fin de evaluar el modelo logístico, se utilizó el χ^2 cuadrado del modelo, la reducción de la verosimilitud (-2 Log likelihood), el R^2 de

Nagelkerke y la prueba de Hosmer y Lemeshow. El χ^2 cuadrado del modelo verifica la hipótesis nula que los coeficientes de las variables explicativas sean diferentes de 0. Si es significativo ($p < 0,05$), la hipótesis nula se descarta, lo que significa que la variable está correlacionada con la variable dependiente y puede ser introducida al modelo, mejorando su predicción (MÉNARD, 1995). La reducción de la verosimilitud indica en que medida la inclusión de cada variable explicativa mejora la aptitud del modelo a explicar la variabilidad de la variable dependiente. Con base en este último, se calculó el cociente R (reducción de la verosimilitud entre la verosimilitud del modelo que varía entre 0 (las variables explicativas son inútiles para predecir la variable dependiente) y 1 (el modelo predice perfectamente la variable dependiente)) (MÉNARD, 1995). El pseudo R^2 de Nagelkerke evalúa la proporción de la variabilidad total explicada por cada variable explicativa incluida en el modelo. La prueba de Hosmer y Lemeshow permite determinar si la predicción del modelo es significativa.

RESULTADOS

En el ámbito de este estudio, se tomaron en cuenta las ANP federales y continentales, de más de 500 ha, para evitar problemas con la escala cartográfica de los datos utilizados y cuya fecha de decreto es anterior al período estudiado (1993-2000), de manera a que todos los cambios se pueden atribuir al período de protección (ANP existente durante todo el período). Las ANP que cumplen con estos criterios son 74 y representan 77 % de la superficie protegida en 2002.

TABLA 1 - SUPERFICIES Y TASAS DE DEFORESTACIÓN DENTRO Y FUERA DEL SISTEMA DE ANP

	Superficie forestal (1993) (ha)	Superficie remanente (2002) (ha)	Cobertura forestal Pérdida	Tasa de deforestación
Dentro de ANP	165.344	97.364	0,2%	0,4%
Fuera de ANP	1.144.496	1.108.916	1,3%	1,1%
Total	1.309.840	1.206.280	1,2%	1,0%

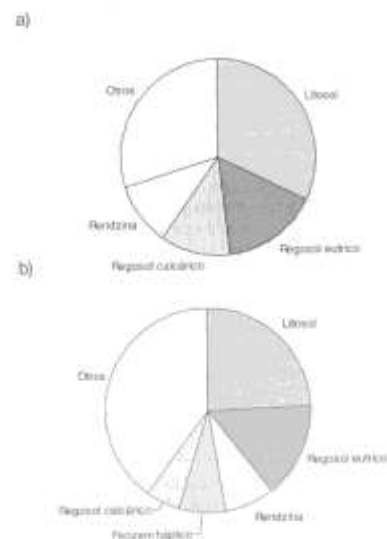
Durante el período 1993-2000, la tasa de deforestación fue de 0,4 % por año dentro de las ANP y de 1,1 % por año fuera de ellas (tabla 1). Sin embargo, de manera general, las ANP están más aisladas (más alejadas de los asentamientos humanos y de las carreteras) y en terrenos más desfavorables para el desarrollo de las actividades agropecuarias, por ejemplo, las ANP presentan una proporción de litosol más importante (tabla

2 y figura 1). Se debe por lo tanto llevar a cabo un análisis más detallado para determinar si es el estatus de protección o la situación de las ANP el factor más determinante para la conservación de las coberturas naturales.

TABLA 2 - VALORES PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS PARA LAS ANP Y LAS ÁREAS SIN ESTATUS DE PROTECCIÓN

	ANP (N = 8420)		No ANP (N = 81504)	
	Promedio	Desv. Estándar	Promedio	Desv. Estándar
Distancia a carreteras	2,3	0,8	1,9	0,8
Distancia a localidades	0,3	0,2	0,7	0,7
Elevación	660,7	709,0	1.075,0	767,6
Pendientes	8,4	8,3	6,8	8,2

FIGURA 1 - PROPORCIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE SUELO (> 5% DE LA SUPERFICIE) DENTRO (A) Y FUERA (B) DE LAS ANP



Las pruebas de Pearson y de Cramer permitieron la evaluación de la significancia de las relaciones entre la variable dependiente (*Deforestación*) y las 6 variables explicativas (*elevación, pendiente, distancia de las carreteras, distancia de las localidades, suelo y estatus de protección*). La prueba de Pearson indica que todas las variables explicativas son significativamente correlacionadas con la variable dependiente *deforestación* al nivel de probabilidad $p < 0,001$. Sin embargo, la prueba de Cramer indica una relación débil a muy débil entre estas variables y la deforestación (valores entre 0,049 y 0,210). Son las variables *distancia a carretera, elevación, suelo y pendiente* que permiten explicar mejor la deforestación. En cuanto al estatus de protección está muy débilmente ligado a la deforestación (tabla 3).

TABLA 3 - EVALUACIÓN DE LOS FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA DEFORESTACIÓN (PRUEBAS DE PEARSON Y CRAMER)

Variables		1	2	3	4
1. Distancia a las carreteras	Coeff. de correlación	1,000	0,421	0,213	0,104
	Significancia		0,000	0,000	0,000
2. Distancia a las localidades	Coeff. de correlación	0,421	1,000	-0,107	-0,098
	Significancia	0,000		0,000	0,000
3. Elevación	Coeff. de correlación	0,013	-0,107	1,000	0,315
	Significancia	0,000	0,000		0,000
4. Pendiente	Coeff. de correlación	0,104	-0,098	0,315	1,000
	Significancia	0,000	0,000	0,000	

Como se observa en la tabla 4, todas las variables presentan correlaciones significativas. Sin embargo, el coeficiente de correlación varía entre 0,1 y 0,4, de tal manera que no se puede considerar las variables como colineales.

TABLA 4 - COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS CUANTITATIVAS

Variables	Chi de Pearson	df	Nivel sig/F	V de Cramer
Distancia a carreteras	3,681,235	10	0,000	0,210
Elevación	2,204,334	11	0,000	0,182
Suelo	2,256,368	20	0,000	0,182
Pendiente	1,852,373	5	0,000	0,154
Distancia a localidades	300,767	4	0,000	0,080
APF	187,393	1	0,000	0,049

La regresión logística arroja resultados similares (tabla 5). La verosimilitud asociada a su nivel de probabilidad p indica que todas las

variables explicativas presentan una relación estadísticamente significativa con la variable dependiente. El pseudo R^2 de Nagelkerke indica una jerarquía de los factores que influyen la deforestación similar a los indicados por la prueba V de Cramer. Los factores que explican más la deforestación o la conservación de las áreas forestales es la distancia a las carreteras, la topografía y los tipos de suelo, mientras el estatus de protección está relacionado con estos procesos de manera muy marginal. El modelo indica que todas las variables son significativas (-2 Log likelihood significativo al nivel de probabilidad $p < 0,001$) y que la predicción del modelo, con todas sus variables, es significativa (Prueba de Hosmer et Lemeshow). Sin embargo, el R^2 de Nagelkerke del modelo indica que solamente 10,5 % de la variabilidad de deforestación es explicada por el modelo.

TABLA 5 - CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA DESARROLLADO PARA RELACIONAR LA DEFORESTACIÓN CON LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

Variables	Verosimilitud del modelo Log Likelihood	Verosimilitud de la verosimilitud (-2 Log Likelihood)	df	P	R	R ² de Nagelkerke
Dist. car	3,388,471	1,444,718	1	0,000	0,0003	0,004
Elevación	33,373,485	406,196	1	0,000	0,00001	0,002
Suelo	33,387,141	378,068	1	0,000	0,00002	0,003
Pendiente	33,405,170	300,028	1	0,000	0,00011	0,004
Dist. loc	33,438,455	276,792	1	0,000	0,00011	0,004
APF	33,471,028	87,234	1	0,000	0,00037	0,006
Modelo						
Verosimilitud	df	P	R ² de Nagelkerke			
-2 Log likelihood	33	0,000	0,104			
df (Prueba de Hosmer et Lemeshow)	8	0,000				
380,346	8	0,000				

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados indican que, de manera general, el modelo explica de manera muy parcial la deforestación. Este se debe en parte a que el modelo se desarrolló para todo el territorio mexicano. Este territorio presenta una gran variedad en cuanto a relieve, ecosistemas y condiciones socioeconómicas. Por consecuencia, el modelo engloba una gran variedad de procesos de deforestación que no se expresan espacialmente de la misma manera. En otras palabras, es probable que el proceso de deforestación no presenta la misma relación con las mismas variables en las diferentes regiones de la república mexicana, y que no puede representarse correctamente con un modelo único. Por otra parte, el

número de variables explicativas es limitado y se tendrían que tomar en cuenta variables como datos socioeconómicos y políticas agropecuarias, entre otras.

Sin embargo, el modelo da una información interesante en cuanto a la jerarquía de las variables que influyen la deforestación o la conservación de las áreas forestales. El aislamiento y la topografía contribuyen más a la conservación que el sólo hecho de ser un área natural protegida. La menor tasa de deforestación que se observa en las ANP se debe más a la situación de las ANP que al estatus de protección. En este estudio, se consideró el conjunto de todas las ANP sin tomar en cuenta su tipo (parques naturales, área de la biosfera etc.), si disponían o no de un presupuesto de funcionamiento o de un plan de manejo. Un análisis más detallado permitiría matizar estos resultados ya que la situación de las ANP en México es muy diversa. Sin embargo, este estudio demuestra que la eficiencia general de las ANP para la conservación de los ecosistemas naturales es limitada y sugiere complementarla con otras estrategias. Entre ellas destacan las políticas que apoyan a las comunidades locales para manejar sus recursos de manera sustentable, evitando promover decretos prohibitivos, difíciles de aplicar en la realidad (BERKES; FLOKE, 1998; BRAY, 2002; DALE, 1998; VELÁZQUEZ; HEIL, 1996; VELÁZQUEZ; BOCCO; TORRES, 1996; VELÁZQUEZ; BOCCO, 2001).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo en el ámbito del proyecto *Land use and cover change analysis as key attribute to depict sustainable use of forest lands in community forests* en colaboración entre la Universidad de Florida y el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

- BERKES, F.; FOLKE, G. *Linking social and ecological systems. Management practices and social mechanisms for building resilience*. UK: Cambridge University Press, 1998.
- BRAY, D. B. Can Community Forest Management Save Tropical Forests? Perspectives from Quintana Roo, Mexico. In: *MEMÓRIAS da conferência Working Forests in the Tropics: Conservation Through Sustainable Management*. Florida, USA: Columbia University Press, 2002.
- BRUNER, A. G. et al. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science magazine*, v. 291, n. 5501, p. 125, 2002.
- CRAMER, D. *Introducing statistics for Social Research: Step-by-step Calculations and Computer Techniques using SPSS*. London: Routledge, 1994.
- DALE, V. H. Managing forests as ecosystems: a success story or a challenge ahead?. In: PACE, L.; GROFFMAN, P. M. (Eds.), *Successes, limitations and frontiers in ecosystem science*. Alemania: Springer, Heidelberg, 1998. 499 p., p. 50-68.
- FERREIRA, L. V. et al. *Protected Areas or Endangered Spaces? WWF Report on the Degree of Implementation and the Vulnerability of Brazilian Federal Conservation Areas, 1999*. Disponível em: <<http://www.iucn.org/themes/forests/protectedareas>>.
- GROOMBRIDGE, B.; JENKINS, M. D. *Global biodiversity. Earth's living resources in the 21st century*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2000. 245 p.
- HANSEN, A. J. et al. Conserving biodiversity in managed forest. *BioScience*, n. 41, p. 382-392, 1991.
- HOSMER, D.; LEMESHOW, S. *Applied Logistic Regression*. New York: Wiley, 1989.
- INE. *Las áreas naturales protegidas de México con decretos federales (1899-2000)*. México: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, 2000. p. 830. Disponível em: <<http://www.ine.gob.mx/usaje/publicaciones/>>
- INEGI. *Sistema de Clasificación de Tipos de Agricultura y Tipos de Vegetación de México para la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250.000*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, ago. 1980.
- INIFAP – CONABIO. *Mapa edafológico. Escala 1:250.000*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1995.
- MANEL, S.; DIAS, J. M.; ORMEROD, S. J. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions. A case study with a Himalayan river bird. *Ecological Modelling*, n. 120, p. 337-347, 1999.
- MAS, J. F. et al. Modelling Deforestation in the Region of the Lagoon of Términos, South East Mexico. In: ASPRS (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING) ANNUAL CONVENTION, 2000, Washington D.C. *Proceedings*. Washington, 2000.

- MAS, J. F.; PUIG, H. Modalités de la déforestation dans le Sud-ouest de l'Etat du Campeche, Mexique. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 31, n. 7, p. 1280-1288, 2001.
- MAS, J. F. et al. Monitoreo de los cambios de cobertura en México. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2002. Maracaibo, Venezuela. *Memorias...*, Maracaibo, 2002a. 1 CD-ROM.
- MAS, J. F. et al. Assessing Land Use/Cover Changes in Mexico. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT, 29., 2002. Buenos Aires. *Proceeding...*, Buenos Aires, 2002b.
- MAS, J. F. et al. Assessing forest resources in Mexico: Wall-to-wall land use/cover mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 68, n.10, p. 966-968, 2002c.
- MOLINERO, L. M. *La regresión logística*. Disponible em: <<http://www.seh-leiha.org/rtogis1.htm#INTRO>> Acceso em: 2001.
- OSBORNE, P. E.; TIGAR, B. J. Interpreting bird atlas data using logistic models: an example from lesotho, Southern Africa. *Journal of Applied Ecology*, n. 29, p. 55-62, 1992.
- PALACIO, J. L. et al. La condición actual de los recursos forestales en México. Resultados del inventario forestal nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, n. 43, p. 183-203, 2000.
- PCCARD (Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development). *The Philippines Recommendations for Watershed Management*. Los Baños, Laguna: PCCARD, 1991.
- PUIG, H. Diversité spécifique et déforestation: l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique. *Bois et Forêts des Tropiques*, v. 256, n. 2, p. 41-55.
- SING, S. *Assessing Management Effectiveness of Wildlife Protected Areas in India*. New Delhi: Indian Institute of Public Administration, 1999. Disponible em: <<http://www.iucn.org/themes/forests/protectedareas>>
- TURNER, I. M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, n. 33, p. 200-209, 2000.
- VELÁZQUEZ, A. et al. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica, INE-SEMARNAT*, n. 62, p. 21-37, 2002a. Disponible em: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=357&id_tema=13&dir=Consultas>
- VELÁZQUEZ, A.; BOCCO, G. Land unit approach for biodiversity mapping. In: ZEE, D. van der; ZONNEVELD, I. (Eds.). *Landscape ecology applied in land evaluation, development and conservation*. ITC Publications, n. 81, p. 273-286, 2001.

- VELÁZQUEZ, A.; HEIL, G. W. Habitat analysis of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) by different statistical methods. *Journal of Applied Ecology*, n. 33, p. 543-554, 1996.
- VELÁZQUEZ, A.; BOCCO, G.; TORRES, A. Turning scientific approaches into practical conservation actions: the case of Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. *Environmental Management*, n. 5, p. 216-231, 2001.
- VELÁZQUEZ, A. et al. *Análisis de cambio de uso del suelo*. Informe técnico. Convenio INE-IGg (UNAM), Instituto de Geografía, UNAM, 2002b. Disponible em: <http://www.ine.gob.mx/dgoece/xid/dgoece/i_usv/> Acceso em: 2002.
- VELÁZQUEZ, A. et al. El Inventario Forestal Nacional 2000. Potencial de Uso y Alcancos. *Ciencias*, n. 64, p. 13-19, 2001.