

Efecto de la Carretera Interamericana sobre la vegetación entre El Salvador y México

JULIÁN MONGE-NAJERA*

M. E. GIESEKE**

RESUMEN

La construcción de carreteras trae consigo efectos con frecuencia indeseables sobre la flora y la fauna. Con el fin de obtener un primer panorama del efecto de la Carretera Interamericana sobre el paisaje vegetal mesoamericano, se midió las tasas de cobertura vegetal a los lados de esta carretera desde la frontera sur de El Salvador hasta Coahuila en el norte de México. Se usaron para ello fotografías digitales tomadas a intervalos regulares de 15 minutos a lo largo de la ruta, analizadas con una cuadrícula digital de 77 puntos. Las proporciones del paisaje ocupados por vegetación natural, vegetación cultivada e infraestructura son relativamente homogéneas en la región mesoamericana e indican un grado importante de deforestación a los lados de la vía.

ABSTRACT

The construction of highways frequently has undesirable effects on the flora and fauna. The amount of vegetation coverage adjacent to the Interamerican Highway from El Salvador to northern Mexico was measured to obtain a first overview of the impact the highway. Digital photographs were taken along the route at regular intervals of 15 minutes and were subsequently analyzed using a 77-point digital grid. The percentages of landscape characterized by non-cultivated vegetation, cultivated vegetation and infrastructure in the landscape adjacent to the highway are relatively homogeneous in the Mesoamerican region and indicate a significant degree of deforestation along the highway.

* PROMAI-Dirección Producción, UNED, Apartado 474-2050. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. Correo electrónico: julianmonge@yahoo.com

** Bióloga, 525 Isle of Capri, Ft. Lauderdale, FL 33301 EE.UU. Correo electrónico: megieseke@yahoo.com

PALABRAS CLAVE

Ecología del paisaje, vegetación, deforestación, efecto de carretera, Mesoamérica.

KEY WORDS

Vegetation, deforestation, road effect, landscape ecology, Mesoamerica.

INTRODUCCIÓN

El aumento mundial de la red de carreteras ha tenido una serie de consecuencias sobre el paisaje natural (Mahapatra & Kant 2005), incluyendo llegada de inmigrantes humanos, deforestación, establecimiento de campos ganaderos, degradación del suelo, conflictos por la propiedad de la tierra y resolución de esos conflictos mediante nuevas migraciones (Tourrand *et al.* 2004). En Mesoamérica, la apertura de la Carretera Interamericana trajo un drástico cambio del paisaje, caracterizado por la deforestación, pero con remanentes de flora y fauna natural. Estos remanentes se encuentran tanto en forma de islas, como en forma de franjas a lo largo de cursos de agua (Monge-Nájera 1999).

Mientras que en África Central las carreteras afectan poco el carbón del suelo (Walker y Desanker, 2004), en otros sitios hay efectos rápidos y negativos (Lemenih *et al.* 2005) que pueden persistir por más de 40 años (Rasiah *et al.* 2004).

Los gases emitidos por los vehículos causan desde la extinción local hasta el establecimiento de nuevas especies (Grüninger & Monge-Nájera 1988, Monge-Nájera *et al.* 2002a, b).

Las carreteras traen también agricultores y criadores de ganado, cuya influencia sobre el paisaje natural es negativa para unas especies y positiva para otras (Laiolo *et al.* 2004).

En Mesoamérica, México ha perdido 95% de su bosque lluvioso (Durand y Lazos 2004) y el paisaje vegetal actual es producto de una colonización decidida políticamente hace un siglo, encontrándose que el centralismo gubernamental se asocia con un mayor nivel de modificación del paisaje (Klepeis 2003, de Azcárate *et al.*, 2004). Lo mismo se ha encontrado en América Central (Kappelle y Horn 2005).

Las carreteras abren nuevos territorios a muchos invertebrados pero disminuyen las poblaciones de anfibios (Marsh y Beckman, 2004), y evitan que algunas especies de aves aniden (Brumm, 2004).

Los mamíferos cambian su distribución geográfica y horarios debido a las carreteras (Cramer y Willig, 2005; Medina *et al.*, 2003, Lumsdem y Bennett 2005); o incluso mueren debido al tráfico y a las cunetas (Monge-Nájera 1996; Doody, *et al.* 2003; González, 2003).

Con el fin de monitorear y comprender los cambios que traen las carreteras al paisaje, se desarrollaron durante el siglo pasado tecnologías basadas en la fotografía aérea, y más recientemente, en sensores remotos ubicados en aviones y satélites. Estas tecnologías han disminuido enormemente el tiempo y los costos necesarios para obtener los datos, pero no están libres de problemas. Por ejemplo, el uso de radiometría ha producido estimaciones de deforestación mucho mayores que los obtenidos de satélites y registros gubernamentales (Hansen y DeFries, 2004, Cuesta *et al.* 2003; Jeganathan *et al.*, 2004).

En las regiones que cruza la Carretera Interamericana, hubo una disminución de la biodiversidad e incluso desapareció un parque nacional (Monge-Nájera, 1994). Sin embargo, no conocemos ningún estudio específico sobre la carretera y su efecto directo sobre la vegetación circundante. No hay respuesta a preguntas como ¿cuál es la proporción de vegetación cultivada y vegetación no cultivada a los lados de la carretera? ¿Cuánto coincide la proporción de tipos de vegetación a los lados de la carretera, con la proporción de tipos de vegetación a nivel nacional?

Este artículo representa un primer esfuerzo por responder a ambas preguntas, para el sector norte de México-sur de El Salvador de la Carretera Interamericana, y lo compara con una carretera secundaria conectada a ésta, la carretera que atraviesa Belice de frontera a frontera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó el diseño de muestreo por transecto (Southwood, 1978), usando como transecto la Carretera Interamericana desde el sur de El Salvador (frontera con Nicaragua) hasta el norte de México (Ciudad de Torreón, en Coahuila) y la carretera principal de Belice (desde la frontera con México a la frontera con Guatemala). Viajando por la carretera a una velocidad de 80 (+/- 15) km/hr en un vehículo con velocidad crucero controlada por satélite, se tomaron fotografías digitales del paisaje (con una cámara de 4 megapíxeles) aproximadamente cada 15 minutos, excluyendo las ciudades y los pueblos. Se desecharon las fotografías cuya calidad de imagen era insuficiente para definir con certeza los tipos de vegetación, quedando un total de 174 imágenes utilizables. Éstas fueron analizadas con una cuadrícula digital de 77 puntos (Programa Picasa 2.0: www.picasa.com) para identificar los

porcentaje
ocupados
cultivada
una aplica
para medi
descrito p

Para este
taxonómico
solamente
entre vege
definió cc
agrícolas,
El resto c
cultivada,
sin que se
el ser hum
edificios,
se definió
nuestro ob
diferencia
con difere



Muestra
vegetación

a Carretera
ucción de la
ó un parque
embargo, no
fico sobre la
la vegetación
guntas como
ón cultivada
ados de la
proporción de
la carretera,
ación a nivel

esfuerzo por
el sector norte
la Carretera
una carretera
carretera que
a.

por transecto
transecto la
el sur de El
hasta el norte
Coahuila) y
de la frontera
Guatemala).
ocidad de 80
on velocidad
se tomaron
una cámara
nte cada 15
7 los pueblos.
a calidad de
r con certeza
n total de 174
nalizadas con
os (Programa
identificar los

porcentajes de la imagen (y por ende, del paisaje) ocupados por vegetación no cultivada, vegetación cultivada e infraestructura, lo que constituye una aplicación del método de plantilla usado para medir porcentajes de cobertura de líquenes descrito por Monge-Nájera *et al.* (2002b).

Para este tipo de estudio, la identificación taxonómica de las plantas es irrelevante, pues solamente interesará comparar la proporción entre vegetación cultivada y no cultivada. Se definió como vegetación cultivada los campos agrícolas, los pastizales ganaderos y los jardines. El resto de la vegetación se clasificó como no cultivada, o sea, aquella que nace y se desarrolla sin que sea activamente sembrada y cuidada por el ser humano. Toda construcción humana (e. g. edificios, carreteras, rótulos y tanques de agua) se definió como infraestructura. Tampoco es nuestro objetivo comparar zonas de vida, sino la diferencia entre países, que son unidades políticas con diferentes regímenes de manejo del paisaje.

RESULTADOS

La proporción de paisaje que corresponde a vegetación cultivada e infraestructura no difirió entre países (*Cuadro 1*). Tampoco difirió esa proporción entre la carretera principal y la secundaria (*Cuadro 1*). La carretera principal es la Carretera Interamericana en el tramo que cruza México, Guatemala y El Salvador. La secundaria es la carretera de menor flujo de tráfico, que atraviesa Belice longitudinalmente. (Pruebas estadísticas: Kruscal-Wallis = 1,8; con probabilidad de 0,61 para vegetación cultivada; Kruscal-Wallis = 1,6; con probabilidad de 0,65 para infraestructura).

La proporción de vegetación no cultivada sí difirió entre países, aunque ligeramente, con valores algo más altos en Guatemala y El Salvador que en Belice y México (Kruscal-Wallis = 10,4; con probabilidad de 0,01; *Cuadro 1*)

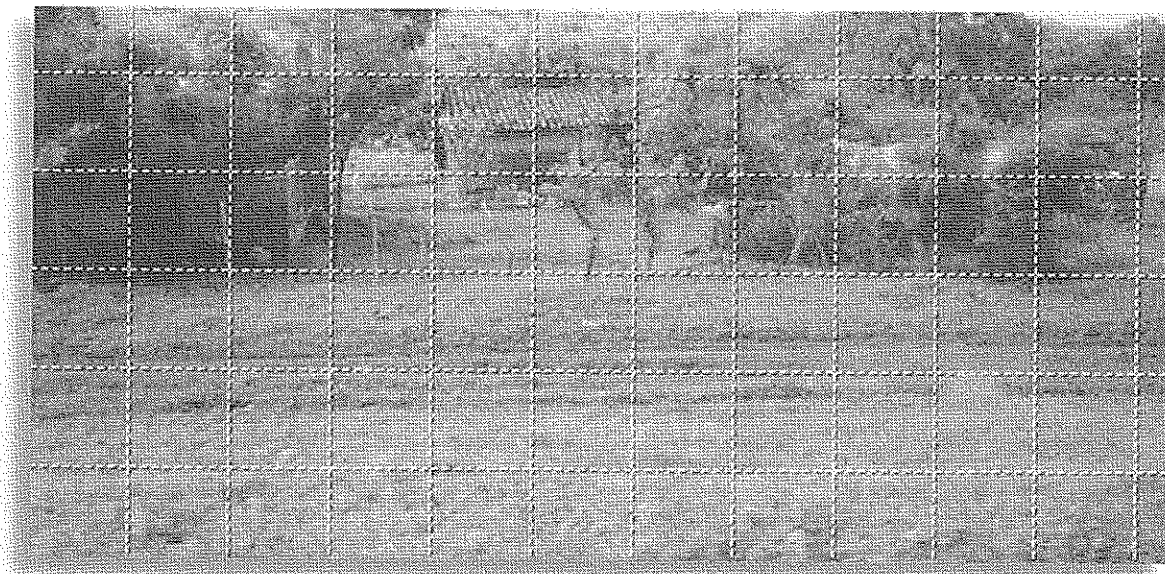


FIGURA 1

Muestra de las fotografías tomadas como parte de este estudio. Esta corresponde a un paisaje del norte de México, donde la vegetación se conserva en su estado natural debido a que en esta región el semidesierto no ha sido modificado para fines agrícolas.

CUADRO 1
 Porcentajes de área en las fotografías del paisaje que corresponden a vegetación e infraestructura a los lados de la Carretera Interamericana (México, Guatemala y El Salvador) y de la carretera nacional de Belice

PAÍS	VEGETACIÓN NO CULTIVADA				INFRAESTRUCTURA				VEGETACIÓN CULTIVADA			
	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.
MÉXICO (N= 63)	14,6	14,6	0	77	22,2	14,8	0	64	10,7	12,0	0	56
BELICE (N= 76)	14,0	14,2	0	87	19,5	12,9	0	58	17,6	11,7	0	53
GUATEMALA (N= 19)	24,8	17,2	3	67	23	15,7	0	65	12,6	10,2	0	40
EL SALVADOR (N= 16)	27,9	18,3	4	66	23,5	11,9	5	46	9,4	8,8	1	35

D.E. = Desviación estándar, valor que indica el grado de variación de los resultados.
 Min. = valor mínimo. Max. = valor máximo. N. = cantidad de fotografías analizadas.

CUADRO 2
 Porcentajes del paisaje que corresponden a vegetación no cultivada y cultivada en varios países mesoamericanos

PAÍS	VEGETACIÓN NO CULTIVADA (%)		VEGETACIÓN CULTIVADA (%)	
	ESTE ESTUDIO	GIRI Y JENKINS (2005)	ESTE ESTUDIO	GIRI Y JENKINS (2005)
MÉXICO	15	35	11	17
BELICE	14	62	18	18
GUATEMALA	25	54	13	35
EL SALVADOR	28	28	9	60

En negrita: valores similares.

Estos resultados pueden compararse con los publicados por Giri y Jenkins (2005), los cuales fueron obtenidos por un satélite e indican la proporción total nacional de tipos de vegetación (Cuadro 2). Los porcentajes percibidos junto a la carretera son similares a los porcentajes nacionales de vegetación no cultivada en El Salvador, y al porcentaje nacional de cultivos en Belice y México.

En Guatemala el porcentaje de vegetación (cultivada y no cultivada) es mayor a nivel nacional que junto a la carretera (Cuadro 2).

También en Belice y México la vegetación no cultivada es mayor a nivel nacional que junto a la carretera (Cuadro 2).

DISCUSIÓN

La ruta seguida por la Carretera Interamericana y la carretera principal de Belice cruza tanto zonas de cultivo como zonas boscosas, pero no lo hace de manera representativa, sino según las limitaciones topográficas, históricas y comerciales que deciden las rutas de viaje en toda sociedad humana.

Nuestros datos permiten responder a la primera pregunta planteada: ¿cuál es la proporción de vegetación cultivada y vegetación no cultivada a los lados de la carretera? La respuesta se consigna en el Cuadro 1 y muestra que no hubo diferencias marcadas entre los países, lo cual apoya una vez más la idea de que Mesoamérica constituye una región geográfica homogénea si se considera a

gran escala
 Medio Am

La segunda
 percibe des
 realidad ec
 coincide la
 lados de la
 vegetación

Para respo
 de carrete
 periodo de
 suelo con
 cultivada,
 publicados
 (2005). A
 de nuestro
 percibida
 y Jenkins
 de cobertu
 cada país,

datos de la

CULTIVADA	
MIN.	MAX.
0	56
0	53
0	40
1	35

americanos

AREA (%)
JENKINS (2005)
17
18
35
60

eramericana y
a tanto zonas
o no lo hace de
s limitaciones
s que deciden
umana.

a la primera
proporción de
no cultivada a
ta se consigna
bo diferencias
poya una vez
constituye una
e considera a

gran escala (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002).

La segunda pregunta se refiere a si el paisaje que se percibe desde estas carreteras es representativo de la realidad ecológica de cada país considerado: ¿cuánto coincide la proporción de tipos de vegetación a los lados de la carretera, con la proporción de tipos de vegetación a nivel nacional?

Para responderla es necesario comparar los datos de carretera con valores generales (del mismo periodo de tiempo y región) sobre cobertura del suelo con vegetación no cultivada, vegetación cultivada, e infraestructura. Estos datos han sido publicados recientemente por Giri y Jenkins (2005). Aclaramos sin embargo que los datos de nuestro estudio se refieren a la vegetación percibida desde dos carreteras; los datos de Giri y Jenkins (2005) corresponden a los porcentajes de cobertura total (porcentaje del área nacional) en cada país, con base en análisis satelital (aunque no

hay datos de infraestructura en el informe de Giri y Jenkins (2005), por lo que centraremos nuestra comparación en los tipos de vegetación).

La comparación (*Cuadro 2*) nos permitió concluir que los porcentajes percibidos junto a la carretera son similares a los porcentajes nacionales de vegetación no cultivada en El Salvador, y también son similares a la proporción nacional de cultivos en Belice y México. Ello indica que en este aspecto, esos tramos de carretera no han causado cambios mayores que los ocurridos en promedio en cada uno de esos países.

En contraste con El Salvador, Belice y México, Guatemala es el país donde el paisaje junto a la Carretera Interamericana provoca la impresión más engañosa, pues subestima tanto el área de vegetación no cultivada como el área cultivada.

Ello sugiere una mayor concentración de infraestructura junto a la carretera en Guatemala.



FIGURA 2

Cuadrícula usada para cuantificar la cobertura paisajística de vegetación y construcciones humanas. Se presenta como ejemplo un paisaje carretero de El Salvador.

En algunos países se ha demostrado que la deforestación a los lados de las carreteras se ve favorecida por la concentración local de recursos y una aplicación insuficiente de la ley (Linkie *et al.*, 2004, Ramisch, 2005), y algo similar podría ocurrir en Guatemala debido a sus condiciones económicas.

En Belice y México se percibe a los lados de la carretera mucho menos vegetación no cultivada de la que realmente existe en el territorio total de esos países, lo que sugiere un mayor efecto destructivo del bosque adyacente como resultado de la construcción de la carretera. Tal vez la diferencia de estos países con El Salvador se relacione con la explotación comercial organizada y las técnicas modernas de extracción y transporte, como ocurre en otros sitios (Ali y Benjaminsen, 2004). Pero la conclusión general es que en Mesoamérica existía al momento de tomar los datos (2005) un grado importante de deforestación a lo largo de la Carretera Interamericana y de la carretera principal de Belice. Hasta donde sabemos, los datos que presentamos aquí son los primeros que

se han publicado sobre vegetación cultivada y no cultivada a los lados de estos tramos de carretera, por lo que representan una referencia importante con la cual se podrán comparar los resultados de todos los estudios futuros.

El reestablecimiento en Mesoamérica de un paisaje rico en vegetación no cultivada, tanto junto a las carreteras como en toda la región, hará necesario tomar en cuenta que el uso agrícola y ganadero determina el futuro del paisaje en zonas que luego recuperan el bosque (Weaver y China, 2003) y que los cambios climáticos recientes también afectarán ese proceso de recuperación (Moya y Malayang, 2004). Igualmente, se deberá recordar que el ser humano es parte influyente de ese paisaje, por lo que para lograr una recuperación de la vegetación y paisaje originales, deben considerarse los aspectos históricos, culturales, económicos y políticos que causaron estos cambios en el paisaje vegetal junto a las carreteras (Geist y Lambin, 2002, Armitage, 2004; Hulse y Branscomb, 2004; Costa Rica: Proyecto Estado de la Nación, 2005).

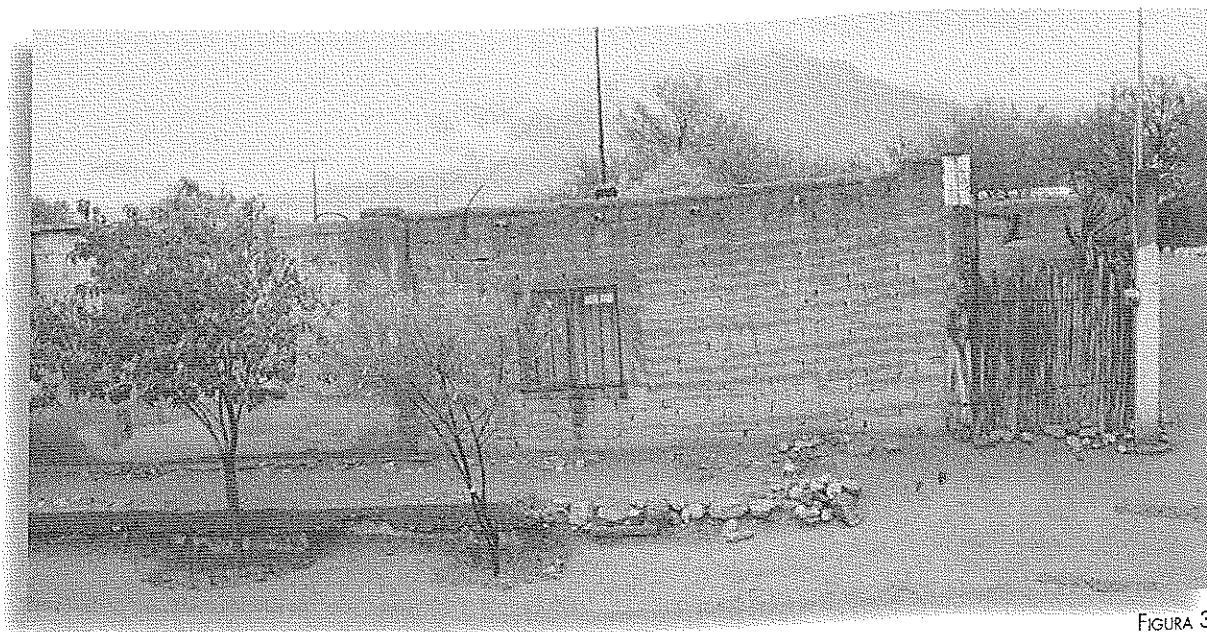


FIGURA 3
Ejemplo de paisaje altamente antrópico junto a la carretera. Ubicación: Durango, México.

Agradecim

Este estudi
Secretaría
del Estad
Tecnológic
Estatad a l
agradecimi
la Biol. M
al primer
Durango,
Luis Torres
del ITD,
Chávez Ra

BIBLIOGR

- ALI, J. y T.
and c
of Ba
Moun
- ARMITAGE,
narrat
perspe
Centr
717-7
- BRUMM, H
on sor
Ecol. 7
- CRAMER, I
hetero
Oikos
- CUESTA, F.
"Ande
Basin,
- DE AZCARA
fitosoc
Sierra
Fitosoc
- DOODY, J.
"Fauna
animal
Zool. 3

cultivada y no
carretera, por
ortante con la
s de todos los

de un paisaje
to junto a las
ará necesario
la y ganadero
nas que luego
a, 2003) y que
bién afectarán
a y Malayang,
dar que el ser
paisaje, por lo
a vegetación y
e los aspectos
políticos que
vegetal junto
02, Armitage,
Rica: Proyecto

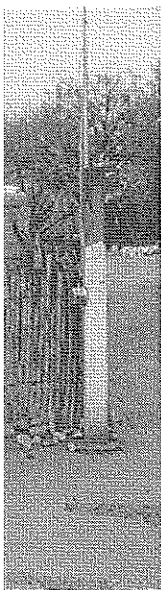


FIGURA 3
Durango, México.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al financiamiento de la Secretaría de Educación de México y la Gobernación del Estado de Durango, a través del Instituto Tecnológico de Durango (ITD), y de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Nuestro especial agradecimiento a la Arq. Azeneth de Luna Galván y a la Biol. M.Sc. Patricia Rodríguez Briones, por invitar al primer autor a visitar el Instituto Tecnológico de Durango, al Dr. Luis Fernando Díaz y al M.Sc. José Luis Torres por su apoyo al viaje; así como al personal del ITD, al Señor Roberto Martínez y a la familia Chávez Ramos (San Salvador) por su hospitalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ALI, J. y T. A. Benjaminsen, 2004. "Fuelwood, timber and deforestation in the Himalayas--The case of Basho Valley, Baltistan Region, Pakistan". *Mountain Res. Dev.* 24 (4): 312-318.
- ARMITAGE, D., 2004. "Nature-society dynamics, policy narratives, and ecosystem management: Integrating perspectives on upland change and complexity in Central Sulawesi, Indonesia". *Ecosystems* 7 (7): 717-728.
- BRUMM, H., 2004. "The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird". *J. Anim. Ecol.* 73: 434-440.
- CRAMER, M. J. y M. R. Willig, 2005. "Habitat heterogeneity, species diversity and null models". *Oikos* 108 (2): 209-218.
- CUESTA, F., M. F. Peralvo y F. T. Van Manen, 2003. "Andean bear habitat use in the Oyacachi River Basin, Ecuador". *Ursus* 14 (2): 198-209.
- DE Azcarate, J.G. y M.I. Ramírez, 2004. "Análisis fitosociológico de los bosques de oyamel de la Sierra de Angangueo, Región Central de México". *Fitosociología* 41 (Suppl. 1): 91-100.
- DOODY, J. S., P. West, J. Stapley, M. Welsh *et al.*, 2003. "Fauna by-catch in pipeline trenches: Conservation, animal ethics, and current practices in Australia". *Aust. Zool.* 32 (3): 410-419.
- DURAND, L. y E. Lazos, 2004. "Colonization and tropical deforestation in the Sierra Santa Marta, southern Mexico". *Environ. Conserv.* 31 (1): 11-21.
- GEIST, H. J. y E. F. Lambin, 2002. "Proximate causes and underlying driving forces of Tropical deforestation". *BioScience* 52 (2): 143-150.
- GIRI, C. y C. Jenkins, 2005. "Land cover mapping of Greater Mesoamerica using MODIS data". *Can. J. Remote Sensing* 31 (4): 274-282.
- GONZÁLEZ, C. A., D. E. Brown y J. P. Gallo-Reynoso, 2003. "The ocelot *Leopardus pardalis* in north-western Mexico: Ecology, distribution and conservation status". *Oryx* 37 (3): 358-364.
- GRÜNINGER, W. y J. Monge-Nájera, 1988. "Use of the temperate lichen *Hypogymnia physodes* (Parmeliaceae) to evaluate air pollution in the Tropics". *Revista Biología Tropical* 36 (2B): 545-547.
- HANSEN, M. C. y R. S. Defries, 2004. "Detecting long-term global forest change using continuous fields of tree-cover maps from 8-km advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data for the years 1982-99". *Ecosystems* 7 (7): 695-716.
- HULSE, D. W., A. Branscomb y S. G. Payne, s. f. "Envisioning alternatives: Using citizen guidance to map future land and water use". *Ecol. Appl.* 14 (2): 325-341.
- JEGANATHAN, P., R. E. Green, K. Norris, I. N. Vogiatzakis, A. Bartsch y S. R. Wotton, s. f. "Modelling habitat selection and distribution of the critically endangered Jerdon's courser *Rhinoptilus bitorquatus* in scrub jungle: an application of a new tracking method". *J. Appl. Ecol.* 41 (2): 224-237.
- KAPPELLE, M. y S. Horn (eds.), 2005. *Páramos de Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia: INBio: 767.
- KLEPEIS, P., 2003. "Development policies and tropical deforestation in the southern Yucatán península: Centralized and decentralized approaches". *Land Degrad. Dev.* 14 (6): 541-561.

- LAILOLO, P., F. Dondero, E. Ciliento y A. Rolando, s. f. "Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna". *J. Appl. Ecol.* 41 (2): 294-304.
- LEMENIH, M., E. Karlun y M. Olsson, 2005. "Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia". *Agric. Ecosyst. Environ.* 105 (1-2): 373-386.
- LINKIE, M., R. J. Smith y N. Leader-Williams, 2004. "Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra". *Biodiv. Conserv.* 13 (10): 1809-1818.
- LUMSDEN, L. F. y A. F. Bennett, 2005. "Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in south-eastern Australia". *Biol. Conserv.* 122 (2): 205-222.
- MAHAPATRA, K. y S. Kant, 2005. "Tropical deforestation: a multinomial logistic model and some country-specific policy prescriptions". *Foreign. Policy Econ.* 7 (1): 1-24.
- MARSH, D. M. y N. G. Beckman, 2004. "Effects of forest roads on the abundance and activity of terrestrial salamanders". *Ecol. Appl.* 14 (6): 1882-1891.
- MEDINA-VOGEL, G., V. S. Kaufman, R. Monsalve y V. Gómez, s. f. "The influence of riparian vegetation, woody debris, stream morphology and human activity on the use of rivers by southern river otters *Lontra provocax* in Chile". *Oryx* 37 (4): 422-430.
- MONGE-NÁJERA, J. (ed.), 1994. *Sustainable development: the view from the less industrialized countries*. San José: EUNED.
- , 1996. "Vertebrate mortality in tropical highways: The Costa Rican case". *Vida Silv. Neotrop.* 5 (2): 154-156.
- , 1999. "Mitos y realidades de la biodiversidad neotropical". *Biocenosis* 13 (1-2): 133-139.
- MONGE-NÁJERA, J., M. I. González, M. Rivas R. y V. H. Méndez-Estrada, 2002a. "Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution". *Revista Biología Tropical* 50 (1): 309-319.
- , 2002b. "A new method to assess air pollution using lichens as bioindicators". *Revista Biología Tropical* 50 (1): 321-325.
- MOYA, T. B. y B. S. Malayang, 2004. "Climate variability and deforestation-reforestation dynamics in the Philippines". *Environ. Dev. Sustain.* 6 (1-2): 261-277.
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 2002. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 (GEO-3)*. Madrid: Organización de Naciones Unidas: 446.
- PROYECTO ESTADO DE LA NACIÓN, 2005. *Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José: 370.
- RAMISCH, J., 2005. "Inequality, agro-pastoral exchanges, and soil fertility gradient in southern Mali". *Agric. Ecosyst. Environ.* 105 (1-2): 353-372.
- RASIAH, V., S. K. Florentine, B. L. Williams y M. E. Westbrooke, 2004. "The impact of deforestation and pasture abandonment on soil properties in the wet tropics of Australia". *Geoderma* 120 (1-2): 35-45.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978. *Ecological Methods*. Londres: Chapman and Hall: 524.
- TOURRAND, J. F., M. G. Piketty, J. R. de Oliveira, M. C. Thales et al., 2004. "Elevage bovin, deforestation et développement regional: le cas du Sud du Para, Amazonie bresilienne". *Bois For. Trop.* 280 (2): 5-16.
- WALKER, S. M. y P. V. Desanker, 2004. "The impact of land use on soil carbon in Miombo Woodlands of Malawi". *For. Ecol. Manag.* 203 (1-3): 345-360.
- WEAVER, P. L. y J. D. Chinea, 2003. "Secondary subtropical dry forest at the La Tinaja tract of the Cartagena Lagoon National Wildlife Refuge, Puerto Rico". *Carib. J. Sci.* 39 (3): 273-285.

Dr. RÓGI

RESUMI

Se realiz
con el ob
Ca:Mg ;
producci
a una pi
potes de
arreglo f
por dos t
y 70%),
y 5:1), e
p.a. y tre
de MAI:
saturació
y en la
producci
en la rel
obtuvien
mg/L de
y las de
en el sue
significa
absorció
absorció
encalado
fosfórica,
del maíz
de nutri

* Depar
Unive