

NÚMERO 450

JUAN MANUEL TORRES, OCTAVIO S. MAGAÑA Y FRANCISCO MORENO

Determinantes del cambio de uso/cobertura
arbolada en México: un enfoque a través de
probabilidades de transición

DICIEMBRE 2008



www.cide.edu

• Las colecciones de **Documentos de Trabajo** del CIDE representan un medio para difundir los avances de la labor de investigación, y para permitir que los autores reciban comentarios antes de su publicación definitiva. Se agradecerá que los comentarios se hagan llegar directamente al (los) autor(es).

• D.R. © 2008. Centro de Investigación y Docencia Económicas, carretera México-Toluca 3655 (km. 16.5), Lomas de Santa Fe, 01210, México, D.F.
Fax: 5727•9800 ext. 6314
Correo electrónico: publicaciones@cide.edu
www.cide.edu

• Producción a cargo del (los) autor(es), por lo que tanto el contenido así como el estilo y la redacción son su responsabilidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a T. Fernández del Instituto Nacional de Ecología (INE) por la información proporcionada y sus comentarios.

Resumen

El documento describe la evolución de los sistemas de predicción de cambio de uso/cobertura del suelo. Con base en la información cartográfica generada por el INEGI se estima la dinámica de cambios en diferentes formaciones de uso del suelo durante el periodo 1993-2000 a partir de la cual se calculan las probabilidades de transición de tal dinámica a nivel estatal. Posteriormente, a través de modelos logit, se relacionan las probabilidades de transición con variables físicas y socioeconómicas para explicar la dinámica de cambios de bosques y selvas del país. El procedimiento permite aislar los cambios de formaciones arboladas a diferentes usos con lo que es posible mejorar la predicción y el entendimiento de la dinámica de transformación de la cobertura arbolada. Los resultados muestran que las transiciones básicas de regiones arboladas a cultivos y pastizales siguen dinámicas un tanto diferentes en bosques que en selvas. Resulta notable que al identificar diferencias en transiciones se pueden diferenciar condiciones en las que el cambio de uso puede ser persistente y en las que no lo es.

Palabras clave: Cambio de uso/cobertura del suelo, deforestación, matrices de transición.

Abstract

This paper describes the evolution of the systems used to predict land use cover/change. Based on cartographic information built by INEGI the dynamics of change of different types of land use during the period 1993-2000 is estimated; such information is used to compute transition probabilities among different types at state level. Then, by using logit models, those transitions probabilities are related to physical and socioeconomic variables to explain the dynamics of changes in temperate and tropical forest. This procedure isolates changes of different vegetation types into different uses, allowing the understanding of the dynamics of transformation on forest covers. Results show that basic transitions from forest covers to crops and grazing lands follow different dynamics for temperate than for tropical forests. When such differences are considered it is possible to distinguish among persistent land use changes than those which are temporal changes.

Keywords: Land use cover/change, deforestation, transition matrix.

Introducción

El proceso de deforestación se ha agudizado en los últimos años como resultado de que el hombre ha tenido mayor capacidad de penetración y transformación de las áreas naturales (Chomitz y Gray, 1996) tanto para usarlas como para cambiar su vocación. Evidentemente, la acelerada pérdida de la cubierta vegetal trae como consecuencia la degradación de la reserva genética, la pérdida del potencial de uso de los múltiples bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano y biológico, el calentamiento global, la alteración de ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, la introducción de especies exóticas, el exterminio de las especies nativas y la pérdida de hábitat en general (Cairns *et al.*, 2000; Velázquez *et al.*, 2002).

Las cifras de deforestación resultan alarmantes a nivel mundial, aunque el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) advierte que en el caso de países tropicales las estimaciones son muy inciertas y podrían tener un error de hasta 50% (Watson *et al.*, 2000). FAO (2001) reporta que en la década de 1990 desaparecieron alrededor de 9.4 Millones de ha en todo el globo, cifra que contrasta con el estimado de Achard *et al.*, (2002) de 5.8 ± 1.4 millones de hectáreas para el periodo 1990-1997. Estos últimos autores estiman una superficie adicional de 2.3 ± 0.7 millones de hectáreas de bosques visiblemente degradados.

Las tasas de deforestación anual en África, América Latina y el Sureste de Asia para este periodo fueron del orden de 0.36, 0.33 y 0.76% respectivamente (Achard *et al.*, 2002), tasas inferiores a las registradas en el periodo 1981-1990, cuando la deforestación se estimaba en 15.5 millones de hectáreas al año (FAO, 1995).

En México ha habido varios esfuerzos por realizar tanto la cartografía del uso del suelo (Miranda y Hernández-X, INEGI, 1971; 1993; Rzedowski, 1978; SARH, 1992;1994; Dirzo y Masera, 1996) como para evaluar la dinámica espacio-temporal de la cubierta vegetal (Velázquez *et al.*, 2002), análisis también conocido como de cambio de uso/cobertura del suelo (LUCC por las siglas en inglés de «land use/cover change —Berry *et al.*, 1996—); no obstante, tales esfuerzos se han realizado con objetivos, criterios (evaluación y clasificación de coberturas) y escalas diversas (desde 1 :50 000 hasta 1 :8 millones). Esta diversidad metodológica ha dado por resultado que los análisis de cambio de cobertura y uso del suelo, incluyendo el forestal, no sean homogéneos, y por lo tanto los resultados sean relativamente incomparables en términos de las categorías de mapeo que se utilizan, así como de las escalas de trabajo (Velázquez *et al.*, 2002).

Las estimaciones más pesimistas de cambio de uso del suelo en México señalan que los bosques tropicales constituyen sólo 10% de su cobertura

original (Rzedowski, 1978) y que toda la cubierta forestal es tan sólo la mitad de la cobertura que existía hace 30 años. Todas las estimaciones son consistentes en señalar que existe una pérdida importante de selva y bosque en las últimas décadas y que la pérdida de selvas es proporcionalmente mayor que aquella de bosques; de igual forma, todas las estimaciones coinciden en señalar que los cultivos y los pastizales inducidos y cultivados que representaban más de 41 millones de hectáreas (21% del territorio nacional) hacia el año 2000, siguen incrementando su superficie a tasas de conversión superiores a las que se observan en el resto de los países intertropicales (Velázquez *et al.*, 2002). Así por ejemplo, para el año 2000 se consideraba que existían en el país cerca de 32.8 millones de hectáreas destinadas al uso agropecuario, pero donde sólo se cultivaban 20.2 millones de hectáreas. Este hecho sugiere que la expansión agrícola se ha realizado en buena medida a través¹ de la reducción de suelos con vegetación, muchos de los cuales tienen una productividad agrícola marginal. Sin embargo, cabe destacar que dicha expansión agrícola o la de cualquier otro uso de suelo no puede crecer indefinidamente ya que la extensión del territorio nacional constituye una restricción natural.

En 1992 el "Forest Global Assessment" clasificó a México como el país con la tasa anual de deforestación más alta a nivel mundial (1.3%) y cuarto de acuerdo con su superficie deforestada (FAO, 1993). Cifras oficiales señalan que la superficie boscosa se ha reducido a una tasa de 0.79% en los últimos diez años mientras que la superficie de selva lo ha hecho a una tasa anual de 1.58%. Ambas cifras representan una pérdida de alrededor de 784,968 hectáreas arboladas² con importantes efectos negativos en términos de pérdida de biodiversidad y servicios ambientales.

El análisis del cambio de uso de suelo ha recibido varios tratamientos a efecto de poder identificar los patrones espaciales y temporales de la conversión del uso del suelo y entender sus causas y consecuencias. Entre estos tratamientos resaltan los de geógrafos y biólogos que han desarrollado modelos espaciales y explícitos de cambio de uso del suelo en varias escalas y fundamentalmente a nivel nacional (Velázquez *et al.*, 2002), aunque existen algunos análisis más finos, regionales, locales o a nivel parcelas y/o paisajes (Mendoza y Dirzo, 1999). La modelación y prognosis del LUCC persigue dos objetivos fundamentales, el primero es identificar la magnitud y distribución espacial del cambio en el uso del suelo, así como estimar su probabilidad de ocurrencia futura bajo el supuesto de que las técnicas de manejo del suelo y las necesidades de uso continuarán siendo similares en el futuro cercano (Sandoval y Real, 2005). El segundo es identificar los factores relacionados con su ocurrencia y en la medida de lo posible identificar una relación de causalidad. En teoría este análisis incluye no sólo los procesos más comunes,

¹ Utilizando, por ejemplo, el método de roza, tumba y quema.

² Ver el informe mencionado en la cita anterior.

como la deforestación y desertificación, sino también la conversión a praderas y bosques artificiales.

Los análisis de LUCC realizados a la fecha muestran un progreso significativo en mejorar las bases de datos (*e.g.* imágenes de satélite), así como en conceptualizar los procesos geográficos, ambientales y socioeconómicos que están asociados con el cambio de uso del suelo. No obstante, menor atención se ha dado al desarrollo de modelos que sirvan para entender plenamente el proceso económico (*i.e.* componente humano) alrededor del cambio de uso del suelo en diferentes niveles de análisis (Deininger y Minten, 2002). Desde una perspectiva macro los modelos de LUCC se enfocan en determinantes del cambio a lo largo de países (cross-country analysis); por ejemplo, Cropper y Griffiths (1994) estimaron el efecto de la población y crecimiento económico en la deforestación en países tropicales y encontraron un efecto positivo de la primera y sólo en África identificaron un efecto positivo del segundo.

A nivel micro se han desarrollado algunos modelos para explicar los causales de cambio de uso del suelo, fundamentalmente para explicar el proceso de deforestación. Tales modelos usualmente relacionan la elección (toma de decisiones) individual del dueño de la tierra con los resultados del cambio de uso del suelo, bajo supuestos de racionalidad y maximización de beneficios por parte del tomador de decisiones (Irwin y Geoghegan, 2001). La literatura a este nivel de análisis es relativamente reciente. Nelson y Hellerstein (1997) muestran el uso de datos geográficos para analizar decisiones de uso del suelo en la que los costos de transacción derivados de la accesibilidad son un componente importante en las decisiones de uso; por su parte, Chomitz y Gray (1996) modelan un productor agrícola maximizador de ganancias quien decide usar la tierra en la actividad productiva más rentable; la puesta en práctica de este concepto se ha dado en varios niveles, desde el nivel estatal (Torres y Flores, 2001) hasta el nivel municipal (Deininger y Minten, 1999) con variaciones a nivel comunidad (Alix García, 2007).

El punto inicial de análisis de cambio de uso siempre identifica a los agentes básicos: productores agrícolas, pecuarios, forestales, compañías plantadoras (forestales o frutícolas) o incluso desarrolladores inmobiliarios a gran escala. El efecto de estos agentes se evalúa de manera individual y usualmente se analiza de manera independiente, con lo que se pierde información sobre los determinantes de las decisiones en un contexto donde existen varias alternativas de cambio de uso del suelo (Mas *et al.*, 2002).

Las decisiones de los agentes causales de deforestación se basan en sus preferencias, cultura y recursos disponibles con base en variables exógenas a ellos, tales como los precios (mercado de bienes y servicios), la tecnología, accesibilidad, la estructura de gobierno (instituciones) y la información. De aquí que estos parámetros de decisión sean frecuentemente identificados como causas inmediatas de cambio de uso del suelo. Estos dos conjuntos de

variables determinan simultáneamente las opciones disponibles para cada uno de los agentes, así como los incentivos para la elección de algún mecanismo de cambio de uso del suelo. Además, tanto las características de cada agente como las variables de decisión son determinadas por fuerzas (variables) de mayor escala como son variables a nivel macroeconómico, instrumentos de política y gobernabilidad, entre otras (Angelsen y Kaimowitz, 1999).

En el otro extremo existen modelos de LUCC para proyectar su dinámica a lo largo del tiempo. En algunos casos los modelos tienen fuertes bases económico-físico-biológicas, mientras que en otros se sigue un principio y supuesto general. Bajo este criterio los modelos de LUCC se pueden clasificar de acuerdo con su principio y estructura. De esta forma hay modelos estructurales, en los cuales las variables explicativas son la población, el nivel de empleo, indicadores sobre provisión de bienes públicos y precios relativos del sector agrícola o pecuario. Tales modelos pueden derivarse con información de corte transversal en grandes muestras o con datos derivados de series de tiempo. Un requisito básico para estos modelos es contar con una buena cantidad de información histórica, dado que la información de corte transversal puede ocultar grandes diferencias de orden sociopolítico, cultural y biofísico difíciles de evaluar en la estimación de LUCC.

Otro tipo de modelos de proyección de LUCC lo constituyen los modelos de proyección explícita que usan información derivada de percepción remota (Mertens y Lambin, 1997; Andersen, 1996; LaGro y DeGloria, 1992; Ludeke *et al.*, 1990; Irwin y Geoghegan, 2001; Muñoz *et al.*, 2003). En estos modelos se identifica una variable dependiente relacionada con LUCC, usualmente deforestación. Posteriormente se identifican variables predictoras que pueden ser igualmente "observadas" con procesos de percepción remota como distancias, variables biofísicas (suelo, pendiente, elevación) y ocasionalmente variables (causales) socioeconómicas como población o producción doméstica. Estos modelos mezclan causales inmediatos e indirectos, con lo que se aseguran buenas proyecciones. Irwin y Geoghegan (2001) señalan que estos modelos ajustan los procesos espaciales (micro) muy bien, sin embargo son menos exitosos en explicar el comportamiento humano que lleva al proceso de cambio de uso del suelo. Adicionalmente, su carácter de modelo de proyección explícita ocasionalmente obliga a mezclar variables endógenamente determinadas con lo que se reduce la consistencia en la estimación de parámetros.

Otra categoría de modelos de proyección son los modelos híbridos (Irwin and Geoghegan, 2001) que incluyen un componente de estimación o proyección pero tienen un componente adicional de simulación. La simulación regularmente toma información de la proyección realizada como paso inicial para predecir el patrón espacial de LUCC bajo diferentes escenarios. Los primeros modelos fueron matrices de transición simples que calculaban el cambio porcentual de cada cobertura durante un periodo de tiempo,

asumiendo que las probabilidades de transición permanecen constantes por largos periodos (Baker, 1989; Muller y Middleton, 1994). Modelos más sofisticados predicen las probabilidades de transición como una función de otras variables explicativas y no sólo como función de previos usos del suelo.

Finalmente, un grupo más lo constituyen los modelos explícitos espaciales. Estos modelos son similares a los modelos de predicción explícita, sin embargo usan como base la decisión de cambio de uso de cada propietario dentro de un entorno espacial y con un fuerte componente de información económica tanto de productividad de usos alternos de suelo como de información de mercado (Chomitz y Gray, 1996; Nelson y Hellerstein, 1997; Pfaff, 1999). Estos modelos tienen un elevado nivel de precisión y modelan muy bien tanto el componente geográfico y local, como las decisiones del propietario del suelo. Sin embargo, requieren de una importante cantidad de información y por la misma razón su uso se complica en proyecciones de largo plazo.

El presente trabajo es un intento por realizar una estimación de la dinámica de cambios de uso/cobertura y tratar de predecirla con dos objetivos: el predictivo *per se* y el de identificar y ordenar causales de esta dinámica. Este trabajo se distingue de esfuerzos anteriores realizados a la misma escala (nivel estatal) en que desagrega el proceso de cambio de uso en las diferentes coberturas resultantes, de tal forma que la variable de respuesta no es la deforestación total, sino una aproximación de la superficie convertida de bosque/selva a otro uso o cobertura. Con esta desagregación se trata de probar que existen procesos de cambio mayormente atribuibles a variables y proceso macro, mientras que otros se encuentran típicamente relacionados con variables y proceso micro. De aquí que la deforestación total es una mezcla de ambos procesos que considerada como un todo resulta difícil de predecir.

El documento se ha organizado como sigue. A continuación se muestra el marco de referencia del modelo de proyección y la estrategia de modelaje para identificar causales. Posteriormente se muestran los resultados y una discusión de los ajustes únicamente para las formaciones: bosque y selva. Finalmente se presentan algunas conclusiones del trabajo.

Proyección de LUCC en México con matrices de transición

En México existen muy pocos estudios de LUCC de todo el territorio nacional (Velázquez *et al.*, 2002), aunque existen varios a nivel local o regional (Dirzo y García 1992; Mendoza y Dirzo. 1999; Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Trejo y Dirzo, 2000; Chowdhury, R.R. 2006; Castillo-Santiago *et al.*, 2007). Algunos autores coinciden en que las extrapolaciones de trabajos regionales a condiciones nacionales son poco confiables e imprecisas para entender las transiciones en los usos del suelo. De aquí que Velázquez *et al.* (2002) sugieren que es indispensable mejorar las fuentes de datos de

referencia con una mejora sustancial en el trabajo de campo que considere aspectos florísticos-fisonómicos de la vegetación a fin de evitar las inconsistencias encontradas en diferentes niveles de agregación como los mostrados en Cairns *et al.* (1995). Velázquez *et al.* (2002) analizaron la información de INEGI, serie I y II, así como los inventarios forestales de 1994 y 2000 para integrar 3 observaciones de cobertura vegetal que utilizaron para realizar un análisis de LUCC. Estos cambios se evidencian al integrar una matriz de transición en periodos consecutivos como la que se muestra en el cuadro 1 que compara los inventarios de 1976 y 2000 para México con sus respectivas tasas de conversión.³ El cuadro indica que las categorías “otras coberturas” (incluye los asentamientos humanos), “cultivos” y “pastizales inducidos y cultivados” representan las categorías que más superficie ganan del resto de las formaciones, evidentemente a expensas de las demás categorías. Por el contrario, las categorías de “selvas” seguidas de la “vegetación hidrófila”, los “pastizales naturales”, los “matorrales” y los “bosques” son las formaciones que más terreno pierden proporcionalmente.

CUADRO 1. MATRIZ DE TRANSICIÓN DE COBERTURAS VEGETALES (HA X 1,000) ENTRE LOS AÑOS 1976 Y 2000

	2000									TASA DE CAMBIO (%)	
	BOSQUES	SELVAS	MATORRAL	VEGETACIÓN HIDRÓFILA	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	PASTIZALES NATURALES	PASTIZALES INDUCIDOS	CULTIVOS	OTRAS COBERTURAS		TOTAL
BOSQUES	29,720	874	309	1	14	368	2,374	1,533	11	35,204	-0.25
SELVAS	864	27,940	188	156	47	37	4,844	3,626	57	37,759	-0.76
MATORRAL	557	223	53,252	35	863	597	2,659	2,439	121	60,746	-0.33
VEGETACIÓN HIDRÓFILA	3	167	80	1,600	68	8	249	114	4	2,294	-0.59
OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	12	25	544	63	4,267	51	112	238	18	5,332	-0.52
PASTIZALES NATURALES	361	31	667	1	492	7,185	966	766	10	10,478	-0.81
PASTIZALES INDUCIDOS	787	1,146	358	96	43	70	10,078	2,273	110	14,961	1.72
CULTIVOS	818	1,026	679	37	241	308	1,228	21,507	393	26,238	0.90
OTRAS COBERTURAS	0	1	0	0	0	0	2	9	222	234	5.99
TOTAL	33,123	31,433	56,078	1,989	6,035	8,624	22,513	32,505	947	193,246	

Fuente: tomado de Velázquez, *et al.*, 2002.

³ La tasa de conversión (δ) se calcula de acuerdo con FAO como $\delta = (S_2/S_1)^{1/n} - 1$; donde n representa el número de años entre la cobertura en el periodo 1 (S_1) y el periodo 2 (S_2).

La transición entre diferentes usos del suelo muestra cuáles son los usos que tienen mayor prioridad. Por ejemplo, para el caso de la categoría “otras coberturas”, se observa que los asentamientos humanos toman la mayor parte de su superficie de áreas de cultivo y pastizales, y en menor medida de bosques y selvas. Este proceso es evidente dado que los asentamientos humanos se extienden regularmente en las áreas aledañas, mismas que usualmente están dedicadas a cultivos o la cría de ganado.

Extendiendo esta observación a bosques resulta claro que un 60% de la superficie en bosques que deja de serlo pasa a ser “pastizal inducido” mientras que casi 25% pasa a ser cultivo. Para el caso de selvas, casi 49% de la superficie que deja de serlo y pasa a ser pastizal, mientras que cerca de 38% pasa a ser terreno de cultivo. Ello muestra que la transformación de la vegetación primaria de bosques y selvas a pastizales es la principal causa de deforestación, seguida de la transformación de cobertura arbórea a cultivo. Otro aspecto relevante es que las selvas tienen una tasa de cambio que duplica a aquel de los bosques templados (cuadro 1).

Una vez integrada una matriz de transición es posible definir su matriz de probabilidades de transición asociada y realizar una proyección de los futuros estados del proceso, asumiendo tanto homogeneidad de los eventos que causan la transición como un proceso de primer orden.

Este procedimiento es estocástico en el sentido de que el resultado del modelo (la distribución de categorías) se basa en las probabilidades de transición entre un estado i y uno j (p_{ij}). Tales probabilidades se pueden asumir constantes (Balzter, 2000) o bien variar de acuerdo con causales indirectos o inmediatos (Chomitz y Gray, 1996; Sandoval y Real, 2005). Para este tipo de modelos las probabilidades de transición son usualmente derivadas de una muestra de transiciones que ocurren durante un intervalo de tiempo. Un ejemplo de matriz de probabilidades de transición para México se muestra en el cuadro 2, con información derivada del cuadro 1.

CUADRO 2. MATRIZ DE PROBABILIDADES DE TRANSICIÓN DE COBERTURAS VEGETALES (HA X 1,000) ENTRE LOS AÑOS 1976 Y 2000

	2000									TOTAL
	BOSQUES	SELVAS	MATORRAL	VEGETACIÓN HIDRÓFILA	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	PASTIZALES NATURALES	PASTIZALES INDUCIDOS	CULTIVOS	OTRAS COBERTURAS	
BOSQUES	0.9062	0.0078	0.0026	0.0000	0.0001	0.0037	0.0559	0.0236	0.0001	1.0000
SELVAS	0.0157	0.8244	0.0032	0.0012	0.0004	0.0011	0.0865	0.0663	0.0011	1.0000
MATORRAL	0.0027	0.0023	0.9401	0.0003	0.0056	0.0029	0.0257	0.0198	0.0007	1.0000
1 VEGETACIÓN HIDRÓFILA	0.0002	0.0348	0.0061	0.8977	0.0142	0.0006	0.0236	0.0220	0.0008	1.0000
9 OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	0.0008	0.0014	0.1139	0.0077	0.8389	0.0011	0.0112	0.0239	0.0010	1.0000
7 PASTIZALES NATURALES	0.0144	0.0012	0.0144	0.0001	0.0014	0.8255	0.0986	0.0436	0.0008	1.0000
6 PASTIZALES INDUCIDOS	0.0139	0.0297	0.0185	0.0025	0.0013	0.0028	0.8610	0.0677	0.0027	1.0000
CULTIVOS	0.0093	0.0225	0.0130	0.0007	0.0021	0.0042	0.0251	0.9162	0.0069	1.0000
OTRAS COBERTURAS	0.0050	0.0009	0.0027	0.0001	0.0006	0.1452	0.0078	0.0257	0.8120	1.0000
TOTAL	0.9988	0.9673	1.1422	0.7225	0.9066	0.7367	1.1916	1.3552	0.9790	1.0000

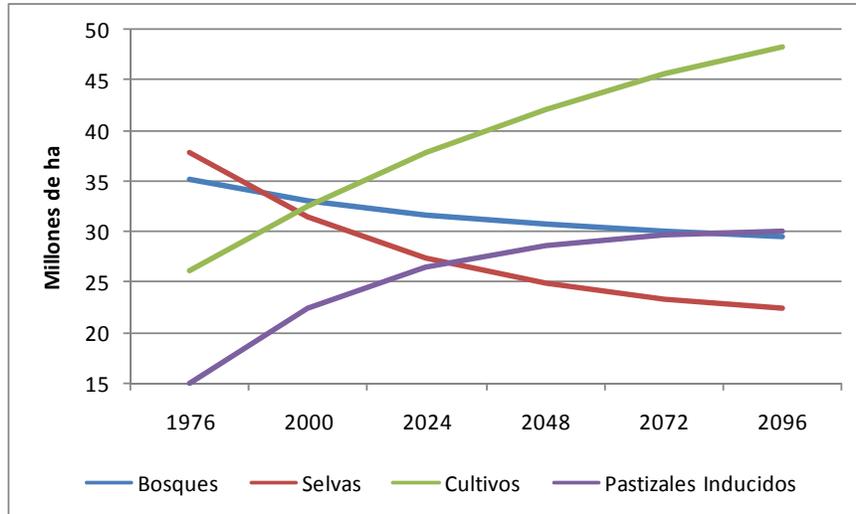
Fuente: Estimación propia con datos de Velázquez *et al.*, 2002.

El supuesto de que la cadena de Markov es un proceso de primer orden significa que la probabilidad de un conjunto particular de resultados depende sólo de la distribución actual de estados y las probabilidades de transición; de aquí que la historia de eventos no tiene alguna relación con las futuras probabilidades. Este supuesto permite predecir un estado futuro con sólo conocer el estado actual y la matriz de transición a través de la ecuación de cadena de Markov:

$$\mathbf{b}_{t+1} = \mathbf{P}\mathbf{b}_t$$

donde \mathbf{b}_t es el vector columna que representa la fracción de tierra en cada una de las m categorías en el periodo y \mathbf{P} es la matriz de transición de tamaño $m \times m$. Otro supuesto de este procedimiento es la estacionalidad de la matriz de transición, esto es, se asume una \mathbf{P} invariable, lo cual permite estimar la fracción de tierra en cada categoría en periodos futuros. Por ejemplo, la distribución para el periodo $t+3$ estaría dada por: $\mathbf{b}_{t+3} = \mathbf{P}\mathbf{b}_{t+2} = \mathbf{P}^2\mathbf{b}_{t+1} = \mathbf{P}^3\mathbf{b}_t$; de esta forma, se puede construir una tendencia de coberturas en años posteriores. La figura 1 muestra la tendencia esperada en la cobertura de las categorías "bosques", "selvas", "cultivos" y "pastizales inducidos", estimadas a partir de la matriz de transición mostrada en el cuadro 2.

FIGURA 1. PROYECCIÓN DE LAS COBERTURAS “BOSQUES”, “SELVAS”, “CULTIVOS” Y “PASTIZALES INDUCIDOS” CON BASE EN LA TRANSICIÓN OBSERVADA ENTRE 1976-2000



Fuente: Estimación propia con base en información de Velázquez *et al.* (2002).

Los modelos de cadenas de Markov de primer orden se han aplicado en diversas proyecciones de LUCC (Baker, 1989 hace un compendio de estas aplicaciones), sin embargo, el orden y la estacionariedad de la matriz de transición se ha probado en pocas ocasiones y en la mayoría de los casos se ha comprobado que tal estacionariedad no existe.

La estacionariedad permite estimar una probabilidad de transición de largo plazo. Esto es, se sabe que para una cadena de Markov la probabilidad de transición de un estado i a uno j después de n periodo donde $n \rightarrow \infty$ es constante, esto es: $\lim_{n \rightarrow \infty} p_{ij}^{(n)} = \pi_j$

Donde las π_j 's satisfacen las siguientes ecuaciones de estado estacionario.

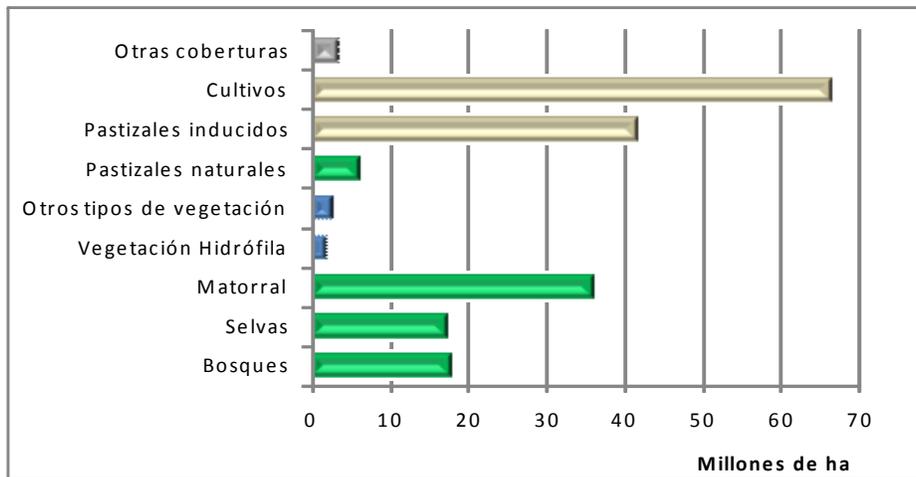
$$\pi_j > 0$$

$$\pi_j = \sum_{i=1}^m \pi_i p_{ij} \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{j=0}^m \pi_j = 1$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones (redundante en un ecuación) se pueden encontrar las π_j 's, conocidas como probabilidades estacionarias, mismas que se pueden reinterpretar como la probabilidad de encontrar un tipo de cobertura después de varias transiciones. La figura 2 muestra las coberturas en estado estacionario para la matriz de transición mostrada en el cuadro 2.

FIGURA 2. COBERTURAS POR CATEGORÍA EN ESTADO ESTACIONARIO



Fuente: Estimación propia con base en información de Velázquez *et al.* (2002).

A fin de corregir el problema e incluir efectos exógenos o endógenos al proceso de cambio de uso del suelo, estos modelos se han modificado incluyendo nuevos estados (categorías), de tal forma que se aumenta la información para la transición. No obstante esta estrategia requiere una gran cantidad de datos de varias observaciones panel y resulta difícil llevarla a la práctica a nivel nacional.

La contribución de variables exógenas y endógenas en las probabilidades de transición se ha modelado modificando la ecuación de cadena de Markov a la forma: $\mathbf{b}_{t+1} = \mathbf{P}[f(t)] \mathbf{b}_t$; donde $f(t)$ es una función que define las probabilidades de transición en el tiempo t , de tal forma que las probabilidades de transición se redefinen como dependientes de una función integrada por un conjunto de variables de interés a través de un modelo general.

Esta estrategia se ha usado exitosamente para evaluar el efecto de la temperatura y densidad en poblaciones de ácaros (Woolhouse y Harmsen 1987) y modelos de cobertura vegetal que han incluido variables socioeconómicas o condiciones climáticas e incluso indicadores de la composición de los tipos de coberturas (Henderson y Wilkins, 1975; Marsden, 1983; Chomitz y Gray, 1996; Balzter, 2000; Benabdellah *et al.*, 2003; Sandoval y Real, 2005).

Metodología

La información cartográfica que se usó fueron las Serie II y Serie III del INEGI liberadas respectivamente en 1994 y 2002 (con información de 1993 y 2000). Dado que la nomenclatura de ambas coberturas es diferente, ésta se homologó de acuerdo con la clasificación de tipos de vegetación recomendada

por Velázquez *et al.* (2002), quedando sólo las categorías de tipos de formaciones que a continuación se presentan (cuadro 4).

CUADRO 4. DESCRIPCIÓN DE CATEGORÍAS USADAS PARA ESTANDARIZAR NOMENCLATURAS DE LAS COBERTURAS DE LAS DIFERENTES FORMACIONES

CATEGORÍA DE TIPO DE VEGETACIÓN	ABREVIACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CATEGORÍA
BOSQUE	B	TODOS LOS BOSQUES DE CLIMA TEMPLADO, INCLUYENDO MATORRAL DE CONÍFERAS
MATORRAL	M	TODOS LOS TIPOS DE MATORRAL, CHAPARRAL Y MEZQUITAL INCLUYENDO VEGETACIÓN DE DESIERTOS ARENOSOS
OTRAS COBERTURAS	OC	ZONAS URBANAS, CUERPOS DE AGUA Y CULTIVOS
OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	OTV	PASTIZAL GIPSOFILO Y HALÓFILO, VEGETACIÓN DE DUNAS, PALMAR
PASTIZAL NATURAL	PN	CUALQUIER PASTIZAL NATURAL INCLUYENDO SABANAS, PASTIZAL-HUIZACHAL Y PRADERA DE ALTA MONTAÑA
PASTIZAL INDUCIDO Y CULTIVADO	PI	PASTIZALES INDUCIDOS Y CULTIVADOS
SELVA	S	TODOS LOS TIPOS DE SELVA
SIN VEGETACIÓN APARENTE	SV	
VEGETACIÓN HIDRÓFILA	VH	MANGLAR, TULAR, POPAL Y VEGETACIÓN DE GALERÍA

Posteriormente, con ayuda del paquete Arc/Info se recortó cada entidad federativa de ambas coberturas a fin de realizar un análisis de la transición de cada uno de los polígonos representando cada formación. Una vez estimadas las transiciones en superficie para el periodo 1993-2000 se procedió a realizar las sumas totales de superficies y éstas se compararon con las superficies totales por entidad y a nivel nacional. En ningún caso fue necesario realizar algún tipo de ajuste, dado que la diferencia máxima entre superficies nunca excedió el 0.0001%.

En general algunos totales reflejan una superficie mayor que la esperada en cada tipo de vegetación; ello se debe a que tales totales pueden ser resultado de falsos cambios, esto es, transiciones que no es posible encontrar en la naturaleza, como por ejemplo de bosque a selva o viceversa (cuadro 2). Los falsos cambios se pueden deber a dos razones: conversiones entre categorías no factibles resultado de las inconsistencias entre las bases de datos, o bien, al uso de criterios diferentes para tipificar a cada una de las categorías, por ejemplo, un "bosque" abierto puede ser categorizado como "pastizal natural", dependiendo del intérprete, o bien, una zona arbolada con algunas casas habitación puede clasificarse como zona urbana.

Para identificar causales de cambio de uso/cobertura se consideró a cada entidad federativa como una unidad independiente en la que la probabilidad de transición de una a otra formación está determinada por variables de estado básicas. Para modelar cada una de las probabilidades se usó un modelo logístico de la forma:

$$p_{ij} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n)}}$$

Donde p_{ij} representa la probabilidad de transición de la formación i a la j durante el periodo de análisis (el periodo entre diferentes evaluaciones equivalente a 7 años), las β 's representan parámetros del modelo y las x 's corresponden a cada una de las variables explicativas e independientes de la variación en la probabilidad de transición. Por construcción, las p_{ij} 's tienen la restricción de que $\sum_j p_{ij} = 1 \forall i = 1, 2, 3, \dots, m$; por lo que el conjunto de probabilidades de transición de la i -ésima categoría se debe modelar en forma simultánea y con la restricción de que la suma de probabilidades sea igual a la unidad. Este sistema tiene la siguiente forma al ser linealizado:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{p_{i1}}{1-p_{i1}}\right) &= \beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \beta_{12}x_2 + \dots + \beta_{1n}x_n + \alpha_{11}y_1 + \alpha_{12}y_2 + \alpha_{13}y_3 + \dots + \alpha_{1k}y_k \\ \ln\left(\frac{p_{i2}}{1-p_{i2}}\right) &= \beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \beta_{22}x_2 + \dots + \beta_{2n}x_n + \alpha_{21}y_1 + \alpha_{22}y_2 + \alpha_{23}y_3 + \dots + \alpha_{2k}y_k \\ &\quad \square \quad \quad \quad \square \\ \ln\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) &= \beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \dots + \beta_{jn}x_n + \alpha_{j1}y_1 + \alpha_{j2}y_2 + \alpha_{j3}y_3 + \dots + \alpha_{jk}y_k \\ &\quad \square \quad \quad \quad \square \\ &\quad \square \quad \quad \quad \square \\ \ln\left(\frac{p_{mm}}{1-p_{mm}}\right) &= \beta_{m0} + \beta_{m1}x_1 + \beta_{m2}x_2 + \dots + \beta_{mn}x_n + \alpha_{m1}y_1 + \alpha_{m2}y_2 + \alpha_{m3}y_3 + \dots + \alpha_{mk}y_k \\ 1 &= \delta + \sum_{j=1}^m \frac{e^{(\beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \beta_{j3}x_3 + \dots + \beta_{jn}x_n + \alpha_{j1}y_1 + \alpha_{j2}y_2 + \alpha_{j3}y_3 + \dots + \alpha_{jk}y_k)}}{1 + e^{(\beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \beta_{j2}x_2 + \beta_{j3}x_3 + \dots + \beta_{jn}x_n + \alpha_{j1}y_1 + \alpha_{j2}y_2 + \alpha_{j3}y_3 + \dots + \alpha_{jk}y_k)}} \end{aligned}$$

donde $\ln\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right)$ es el logit (lgt_{ij}) de la probabilidad de transición de la formación i a la j durante el periodo de análisis, β 's y x 's tienen la misma notación anterior, mientras que las α 's representan parámetros del modelo asociados a las variables endógenas (y 's) dentro del sistema. Estas variables pueden representar variables relacionadas bidireccionalmente (endógenas) dentro del modelo. Observe que las probabilidades de transición pueden depender de otras probabilidades de transición dentro del mismo sistema, con lo que los errores del modelo también pueden estar

correlacionados. Adicionalmente, el sistema tiene una restricción que obliga a que la suma de las probabilidades sea igual a la unidad. Ambas situaciones obligan a realizar un ajuste simultáneo y restringido. Para este ajuste se utilizó el procedimiento *model* (PROC MODEL) del sistema SAS® utilizando la variante de ajuste con estimadores de máxima verosimilitud de información completa.⁴

Los resultados de los ajustes se muestran a continuación para el caso de bosques y selvas; las demás formaciones no se consideraron en el presente documento. Para realizar el ajuste se supuso que los falsos cambios que fuesen poco representativos no deberían considerarse como probables, de aquí que su valor debería ser cero; sólo el caso de la transición selva a bosque, transición que más bien es una degradación de la selva se registró con una alta representación (1.5%) y fue incluida en el análisis. En general, cualquier transición con una probabilidad inferior a 0.1% se consideró un falso cambio con probabilidad de cero, razón por la cual el sistema de ecuaciones tanto de bosque como de selva no incluyen todas las formaciones.

Los resultados de cada ajuste se presentan en cuadros separados. En cada uno se pueden distinguir dos secciones; en la primera se muestra un resumen de la bondad de ajuste de cada ecuación, mientras que en la segunda se presentan los estimadores de los parámetros y sus bondades de ajuste. En esta sección cada parámetro se nombra por la variable relacionada y la ecuación donde se ubica. De esta forma, la expresión: *pp* (*IgtPbb*), indica un parámetro asociado a la variable precipitación que se encuentra en la ecuación que predice el logit de la probabilidad de transición de bosque a bosque.

Resultados y discusión

Los resultados del ajuste del sistema de ecuaciones relacionadas con la transición de bosque a otras formaciones se muestran en el cuadro 5. Aquí se puede apreciar que la predicción de la transición de “bosque a bosque” (*bb*), “bosque a matorral” (*bm*), y de “bosque a cultivo-zona urbana” mostraron ajustes satisfactorios, no así la transición de “bosque a pastizales inducidos” (*bpi*). Cabe señalar que la transición de “bosque a pastizal natural” (*bpn*) tuvo una participación despreciable por lo que se consideró un falso cambio.

La predicción de la transición importante (*bb*), que mide la permanencia del área con bosque muestra que un aumento en *pp* reduce la probabilidad de transición, esto es, fomenta el cambio del bosque a otros usos.

⁴ Esta modalidad de ajuste requiere que el número de ecuaciones sea igual al número de variables endógenas, por lo que la ecuación de restricción se modificó para ser una ecuación más de ajuste con un solo parámetro cuya función es básicamente la de un contador del error promedio de la restricción. Esta es la razón por la cual la ecuación de restricción tiene un parámetro δ , mismo que representa un contador del error promedio.

CUADRO 5. ESTIMACIONES DEL MODELO DE ECUACIONES SIMULTÁNEAS DE LAS TRANSICIONES DE BOSQUE A OTRAS FORMACIONES. VARIABLE DE RESPUESTA ES EL LOGIT DE LA PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN REFERIDA

VARIABLE	BOSQUE-BOSQUE		BOSQUE-CULTIVO-ZONA URBANA		BOSQUE-PASTIZAL IND.		BOSQUE-MATORRAL	
	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.
INTERCEPTO	23.62814	**	-177.24934	**	-8.07519	**	77.52620	**
<i>CLIMÁTICAS</i>								
TEMP. MÁXIMA (°C)	-1.33579	.08	9.03163	**			-3.73994	**
TEMP. MÁXIMA ² (°C ²)	0.02570	*	-0.15276	**			0.06222	*
PRECIPITACIÓN ANUAL (MM)	-0.00215	**						
PRECIPITACIÓN ANUAL ² (MM) ²			0.00000146	**				
DESV EST. INCENDIOS FORESTALES			3.44483	**	1.38525	*	-1.60779	**
<i>ECONÓMICAS</i>								
CONSUMO DE LEÑA COMBUSTIBLE (M ³ PER CÁPITA)			-0.00353	**				
EDUCACIÓN (PROP POB > 18 AÑOS ALFABETA)			0.18029	**			-0.28928	**
PIB PER CÁPITA (M\$/AÑO)			1.22164	**				
PIB PER CÁPITA ² (M\$/AÑO) ²			-0.02539	**				
INEQUIDAD PIB	5.92208	**						
DENSIDAD CAMINOS (KM/KM ²)			-888.44628	**			256.43274	**
DENSIDAD CAMINOS ² (KM/KM ²) ²	17456	**						
MIGRACIÓN NETA (MILES PERSONAS)	-0.28836	**	0.46304	**			-0.11497	.08
PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO AGRÍCOLA	-0.06738	**	0.33696	**			-0.05454	*
<i>SOCIODEMOGRÁFICAS</i>								
PROPORCIÓN DE POBLACIÓN INDÍGENA			0.14580	**			-0.14354	**
PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN RURAL			0.09824	**	0.04138	**	-0.03680	*
PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE EN EJIDOS Y COMUNIDADES RURALES	-0.04551	**	0.03875	**				
DENSIDAD DE LA POBLACIÓN RURAL	-0.01265	*	0.05993	**			-0.02750	**
R-CUADRADA	0.8716		0.9697		0.4289		0.7473	
R-CUADRADA AJUSTADA	0.7945		0.9191		0.3769		0.5668	
PR > F	0.0001		0.0001		0.0021		0.0081	
LOG LIKELIHOOD	25.753		Δ		0.00382			

La temperatura también tiene un efecto importante, a mayor temperatura máxima se verifica una menor permanencia del área forestal, esto es, un menor cambio de uso; no obstante el comportamiento se revierte cuando las temperaturas máximas logran más de 26°C. El comportamiento de estas dos variables está estrechamente ligado con el cambio de uso más frecuente del suelo con bosque, que es hacia cultivos agrícolas y zonas urbanas donde se demandan terrenos de buena precipitación con temperaturas máximas no tan extremas. Por ello, en las localidades arboladas de mayor temperatura y menor humedad se verificará una mayor conservación del suelo forestal por su menor aptitud agrícola.

El coeficiente de Gini de la distribución del PIB entre municipios se tomó como proxy de la inequidad del PIB. Este coeficiente se relaciona directamente con la probabilidad de permanencia del bosque, lo que señala de alguna forma que al existir polos de riqueza presumiblemente se atrae a la población y se quita presión al bosque. La accesibilidad, medida a través de la densidad de caminos (Km / Km²) también se relaciona con la posibilidad de contar con infraestructura para realizar otras actividades productivas que le quitan presión al bosque. Observe que en el caso de deforestación, la accesibilidad podría considerarse endógena (la existencia de bosque puede atraer su aprovechamiento), no así en el caso de conservación.

La migración neta también resultó ser altamente significativa para describir el proceso de conservación del bosque; la presencia de mayor cantidad de individuos no nacidos en la unidad geográfica fomenta el cambio de uso forestal por otros usos. Evidentemente la variable puede estar relacionada con dos efectos, el de mayor presión poblacional y aquel relacionado con costumbres de uso del suelo. El primero se ha capturado con la variable "densidad de la población rural" a fin de poder aislar el segundo.

La proporción de superficie agrícola resultó ser significativa en relación inversa. Esta variable está relacionada con la disponibilidad tecnológica y mercados asociados a la actividad agrícola que fomentan la extensión de la frontera agrícola. La variable podría considerarse endógena, no obstante el análisis considera el valor de la variable al inicio del periodo de transición.

Finalmente, la proporción en ejidos y comunidades resultó ser significativa e inversamente proporcional; a mayor proporción menor conservación. Esta proporción no representa ejidos o comunidades con bosque por lo que está relacionada con efectos de capital social, reglas y costumbres en el uso de terrenos forestales.

La transición "bosque a cultivo" es la más representativa del proceso de cambio. Si bien tiene relación con variables climáticas, su mayor causal parecen ser las variables económicas. Las variables climáticas, muestran que temperaturas máximas superiores a 29.5°C ya no son aptas para cultivos y hacen menos atractiva la transición del bosque con lo que se fomenta su conservación. Por su parte, la humedad también influye en la disponibilidad del terreno para uso agrícola de aquí que a mayor precipitación, mayor es la probabilidad de transición. La transición está íntimamente relacionada con la desviación estándar de los siniestros forestales; si bien muchos de éstos se encuentran relacionados con quemas agrícolas y actividades de roza-tumba-quema, es posible reconocer que la desviación estándar de tales eventos sí guarda relación con la presencia de eventos climatológicos extremos, causales de una proporción de cambios de uso.

Dentro de las variables económicas resalta el PIB per cápita y la accesibilidad. El primero muestra que a mayor riqueza mayor cambio de uso del suelo forestal hasta un PIB per cápita de aproximadamente \$24,000 pesos

/año (muy alto) a partir del cual la probabilidad de cambio de uso se reduce, efecto similar a la tendencia de degradación ambiental de Kuznets (Stern *et al.*, 1996); observe que el punto de inflexión se verifica en un valor muy alto del PIB, lo que muestra en realidad una tendencia creciente dada la muestra. Por su parte, el coeficiente asociado a la densidad de caminos muestra que el mayor acceso facilita el desarrollo de otras actividades productivas con lo que quita presión al bosque y reduce la probabilidad de transición.

Análogamente al efecto en conservación, la migración neta aumenta la probabilidad de transición de bosque a cultivo al igual que la proporción de la superficie en cultivo agrícola.

Finalmente, las variables densidad de población rural, proporción de la población rural y proporción de la superficie en ejidos y comunidades tienen un comportamiento inverso a aquel discutido para la conservación del bosque. Resalta que en este grupo de variables sociodemográficas la proporción de la población indígena resulta ser significativa y con signo positivo, esto es, se evidencia un aumento en la transición del bosque a cultivo en presencia de mayor población indígena. Esta última variable conjuga efectos como el aislamiento (incluido en la variable densidad de caminos), la densidad rural y la proporción de la superficie en ejidos y comunidades (también incluidos) así como el efecto de tradiciones (uso de leña como energético) y costumbres de uso del suelo (roza-tumba-quema) arraigadas en este sector de la población.

La transición de bosque a pastizal inducido es la segunda en importancia por su valor aunque se encuentra muy localizada en entidades como Chiapas, Jalisco, México y Oaxaca. La transición está estrechamente relacionada con eventos extremos que aparentemente crean grandes claros que son inducidos a pastizales, sin embargo es muy probable que algunos de estos eventos extremos sean de origen antropogénico con la intención de crear pastizales. Otra variable relacionada en forma directa con la transición es la proporción de la población rural, variable que muestra que esta transición es altamente dependiente de la presión humana sobre el bosque.

La transición "bosque a matorral" es muy baja en promedio y tiene mayor presencia en entidades como Baja California, Coahuila, Guerrero y Querétaro. Esta transición parece tener dos dinámicas; una natural resultado de variaciones en el clima que da por resultado la degradación del bosque, y otra, producto de un cambio mal logrado de uso del suelo a agrícola o ganadero presumiblemente por efecto de condiciones climáticas extremas.

En el primer caso el clima parece tener un efecto importante en esta transición; a mayor temperatura extrema menor transición hasta lograr los 30°C, temperatura a partir de la cual se favorece la transición presumiblemente por efecto de sequías prolongadas. Los eventos extremos (desviación estándar de incendios forestales), lejos de promover esta transición la desfavorecen; por un lado la variación climática parece ser un factor limitante para transformar el cambio de uso del suelo a agrícola o

ganadero imponiendo una barrera para un proceso de transformación. Por otro lado, es posible que el shock climático y la presencia de incendios extremos promueva la regeneración de algunas especies en particular (serotinos).

Dentro de las variables económicas de importancia en definir la transición destacan la educación con una relación inversa, la densidad de caminos (relación directa), migración neta (relación inversa) y la proporción de la superficie en uso agrícola. La mayor densidad de caminos promueve la transición seguramente por efecto del cambio de uso del suelo mal logrado. Por su parte, la presencia de individuos fuera de la unidad geográfica reduce la transición; esta variable muestra dos efectos; aquel del menor riesgo de los individuos migrantes en condiciones climáticas extremas y el de las poblaciones que se van haciendo más pequeñas (mayores niveles de pobreza) con menores alternativas productivas y que tienen un mayor impacto en el uso de recursos. Este último efecto se confirma en la relación que guarda la transición con la variable densidad de población rural. Finalmente, la proporción de superficie en uso agrícola muestra que en la medida en que hay menor terreno arable mayores son las necesidades, mayor es el riesgo y más probable es el cambio de uso de suelo.

Respecto a las variables sociodemográficas, destacan la proporción de la población indígena (relación negativa) y la proporción de la población rural. Ambas variables muestran que las poblaciones rurales, particularmente las indígenas, asentadas en climas extremos guardan una mejor relación con su entorno.

Los resultados del ajuste del sistema de ecuaciones relacionadas con la transición de selva a otras formaciones se muestran en el cuadro 6. Aquí se puede apreciar que la predicción de la transición de "selva a cultivo" (soc), "selva a pastizal inducido" (spi) y la permanencia de la selva (ss) mostraron ajustes satisfactorios, superiores al de la falsa transición "selva a bosque" (sb), misma que como se ha señalado, representa una degradación de la selva.

Los resultados muestran que la temperatura máxima y la variación en eventos extremos (aproximada por la desviación estándar de número de incendios forestales) son variables climáticas relacionadas con la permanencia de la selva; a menor temperatura máxima mayor probabilidad de permanencia. El resultado es consistente con el obtenido de la transición "selva-cultivo-zona urbana", mismo que indica que a mayor temperatura mayor probabilidad de que suceda la transición hasta lograr alrededor de 35°C, temperatura a la cual se reduce esta probabilidad de transición. Evidentemente el intervalo de temperatura máxima está relacionado con la cantidad de humedad y la tolerancia de los cultivos de la zona. Respecto a los eventos extremos los resultados muestran que a mayor incidencia de estos eventos se percibe mayor riesgo para los cultivos (la transición "selva-cultivos" baja) y hace menos atractivo el cambio de uso de la selva favoreciendo su permanencia.

Dentro de las variables económicas destaca que a mayor consumo de leña combustible menor probabilidad de permanencia de la selva, relación que contrasta con la de la transición “selva-cultivo-zona urbana”. Esta relación evidencia no sólo la degradación de la selva como resultado de la extracción de leña combustible, sino también el cambio de uso con formas tradicionales de cultivo (roza-tumba-quema) aplicadas en forma masiva. El hecho de que la variable “proporción de población” indígena haya resultado significativa es un indicador más de que las formas tradicionales aplicadas en la escala apropiada podrían no ser tan perjudiciales para mantener la selva que cuando se masifican. Finalmente, dentro de los resultados económicos se observa nuevamente que la inequidad en riqueza (inequidad en PIB) promovida por centros económicos importantes atrae mano de obra y resta presión al cambio de uso de la selva.

La transición selva-cultivo-zona urbana, además de la temperatura y variación en siniestros, también depende de la precipitación. Los resultados muestran que la transición incrementa en localidades con mayor precipitación hasta el límite máximo de 1,050 mm, valor a partir del cual la probabilidad de transición se reduce. Nuevamente, el intervalo está claramente relacionado con el rango en el cual la productividad agrícola es superior; fuera de ese intervalo la deseabilidad de cambio de uso se reduce.

Los resultados muestran que a mayor riqueza mayor probabilidad de transición en una relación cuadrática que asemeja a la curva de degradación ambiental de Kuznets (Stern et al., 1996), con una zona de crecimiento en la transición dados bajos ingresos (hasta un ingreso per cápita de 15,000 —valor promedio—) y otra zona de decremento en la transición a altos ingresos. La densidad de caminos es otra variable relevante, los resultados muestran que a mayor densidad de caminos mayor probabilidad de cambio de uso del suelo. Este comportamiento resulta interesante sobre todo si se contrasta con lo observado en bosques (inverso); en este caso, las entidades con selva tienen menos desarrollo económico que en el caso de las de bosques, de aquí que en las primeras los caminos cumplen la función de apertura y degradación; por el contrario en el caso de bosques, ya ha transcurrido tal apertura y los caminos cumplen la función de mejorar las alternativas productivas de aquí que a mayor densidad de caminos mayor conservación. Esta tendencia se confirma al comparar la tendencia del efecto del PIB per cápita en la transición de bosques y selvas. A valores mayores de riqueza, generalmente relacionados con entidades de mayor proporción de bosques, la probabilidad de transición baja; por el contrario, en entidades de menor riqueza, usualmente asociados a una mayor presencia de selvas, la probabilidad de transición se reduce. Relacionando estas dos variables, los resultados parecen indicar que en el caso de selvas las entidades se encuentran en la primera etapa de la curva de degradación ambiental de Kuznets, mientras que en el caso de bosques las entidades están más relacionadas con la segunda etapa de la misma curva.

CUADRO 6. ESTIMACIONES DEL MODELO DE ECUACIONES SIMULTÁNEAS DE LAS TRANSICIONES DE SELVA A OTRAS FORMACIONES. VARIABLE DE RESPUESTA ES EL LOGIT DE LA PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN REFERIDA

VARIABLE	SELVA-BOSQUE		SELVA-CULTIVO-ZONA URBANA		SELVA-PASTIZAL IND.		SELVA- SELVA	
	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.	ESTIMADOR	SIG.
INTERCEPTO	35.31835	*	-81.09536	**	27.94221	*	3.27938	*
<i>CLIMÁTICAS</i>								
TEMP. MÁXIMA (°C)			3.70384	**			-0.09187	*
TEMP. MÁXIMA2 (°C2)			-0.05525	**	-0.00704	**		
PRECIPITACIÓN ANUAL (MM)			0.00731	**	-	*		
PRECIPITACIÓN ANUAL 2 (MM) 2			-	**	0.00082196			
<i>ECONÓMICAS</i>								
DESDEV. EST. INCENDIOS FORESTALES			-0.50626	**			0.62423	**
CONSUMO DE LEÑA COMBUSTIBLE (M3 PER CÁPITA)			0.00133	**			-0.00160	**
EDUCACIÓN (PROP POB > 18 AÑOS ALFABETA)	-0.39931	*	0.11688	**	0.25071	**		
PIB PER CÁPITA (M\$/AÑO)	1.58176	.06	0.46801	**				
PIB PER CÁPITA2 (M\$/AÑO) 2	-0.07503	*	-0.01474	**				
INEQUIDAD PIB	-14.92055	*	-2.63318	*	-22.57506	**	5.53108	**
DENSIDAD CAMINOS (KM/KM2)	-	*	313.43390	**	2041.57033	**		
DENSIDAD CAMINOS2 (KM/KM2) 2	81301	*			-93188	**		
MIGRACIÓN NETA (MILES PERSONAS)	0.45777	*	0.07601	*				
PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO AGRÍCOLA					-0.27018	**		
PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE EN GANADERÍA			-0.03083	**	0.06370	**		
<i>SOCIODEMOGRÁFICAS</i>								
PROPORCIÓN DE POBLACIÓN INDÍGENA	-0.13456	*					0.04195	**
PROPORCIÓN DE LA POBLACIÓN RURAL			0.14121	**				
PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE EN EJIDOS Y COMUNIDADES			-0.07126	**				
R-CUADRADA	0.7596		0.9790		0.9484		0.8495	
R-CUADRADA AJUSTADA	0.5848		0.9546		0.9109		0.7958	
PR > F	0.0138		0.0001		0.0001		0.0001	
LOG LIKELIHOOD	22.681		Δ	0.00192				

Otras variables económicas de peso en definir la transición selva-cultivo-zona urbana son el consumo de leña (arriba discutido), el nivel de educación con una relación directa y la inequidad en la distribución del PIB per cápita con una relación inversa; esta última discutida en párrafos anteriores. Resalta nuevamente la variable migración neta con una relación positiva, que indica

que a mayor presencia de individuos no originarios de la zona hay mayor impacto en cambio de uso del suelo. Otra variable relevante es la proporción de la superficie de uso ganadero; los resultados indican que tiene una relación inversa con la transición de la selva a cultivo, lo que muestra cierta sustitución en el uso del suelo; caso contrario ocurre con la transición a pastizal inducido, donde evidentemente se observa una complementariedad.

Finalmente, la mayor proporción de la población rural tiene efecto directo indicando el fuerte efecto de la densidad poblacional sobre la selva; en este sentido, se observa que si esta mayor densidad está concentrada en ejidos o comunidades entonces el efecto del cambio de uso se reduce, presumiblemente debido a que este tipo de tenencia muestra menor posibilidad de inversión en el sector ganadero.

La transición de selva a pastizal inducido se reduce tanto con el aumento de temperatura como de precipitación. Es claro nuevamente que estas variables impactan directamente en la reducción de productividad del ganado. Otras variables económicas relacionadas con esta transición son la educación (relación positiva), la inequidad en la distribución del PIB per cápita (relación negativa), la densidad de caminos (relación positiva); todas ellas discutidas en el párrafo anterior. Destaca en esta relación que el comportamiento de la variable densidad de caminos es cuadrático, presumiblemente relacionado con el hecho de que el desarrollo ganadero es una etapa secundaria de uso del suelo cuando las entidades gozan de mayor infraestructura y mejor desarrollo económico. Finalmente, la proporción de uso agrícola es una variable relacionada inversamente lo que muestra nuevamente una relación de sustitución entre uso agrícola y ganadero en las tierras de selva desmontadas.

La transición "selva-bosque" que se asume una falsa relación se consideró por tener una alta representatividad y debido a que las selvas muy degradadas en climas más secos pueden originar formaciones de transición. No obstante, el ajuste es el menos satisfactorio.

Los resultados muestran que esta degradación está relacionada con variables económicas como educación, PIB per cápita, inequidad en la distribución de éste, densidad de caminos y migración neta. Resalta que los signos de las variables educación y densidad de caminos son inversos a las formas de transición usuales (cultivos o pastizales), lo que presumiblemente muestra una etapa degradación avanzada en la cual ha habido un cambio de uso, ha habido desarrollo de otras alternativas productivas y ha iniciado la repoblación de las zonas transformadas. Esto presupone regiones con mayor desarrollo económico y menos población indígena.

Los cambios de uso de las áreas arboladas tienen dinámicas diferentes en donde intervienen el entorno físico-ambiental, el socioeconómico y evidentemente el político; de aquí que analizar el proceso de deforestación en condiciones tan variadas como las de México presupone muchos errores al

mezclar dinámicas distintas. El proceso es evidentemente dinámico y al observar sólo la pérdida de arbolado obviando su transformación puede llevar a efectos de interpretación de la dinámica.

Conclusiones

El análisis de cambio de uso/cobertura del suelo realizado muestra que la dinámica de cambio es ligeramente diferente en bosques que en selvas. Asimismo, muestra que la transición entre cobertura arbolada y cultivos, zona urbana y pastizales es dependiente de una combinación entre variables climáticas, socioeconómicas y físicas. De aquí que el modelar la simple desaparición de la cobertura arbolada (deforestación) sin identificar la transición, podría resultar en interpretaciones erróneas acerca de las causales y elementos que definen el cambio de uso/cobertura del suelo. Por ello, el uso de toda la información de la transición de vegetación debe ser incorporada en los análisis de procesos de cambio de coberturas.

El análisis de variables relacionadas con la transición bosque-cultivo muestra que la dinámica de cambio de uso del suelo en bosques y selvas es relativamente diferente. En bosques está muy asociada al uso de terrenos marginales en zonas de relativamente buen acceso. En zonas tropicales se asocia a terrenos no tan diferenciados y en áreas de poca accesibilidad, de aquí que el desarrollo de caminos promueve el cambio de uso a diferencia de las regiones templadas. De igual forma, la degradación de la cobertura arbolada sigue patrones diferentes, en el caso de bosques está más relacionada con el clima (degradación a matorrales) y en el caso de selvas a un abandono de las áreas transformadas. Finalmente se observa que los usos y costumbres de la población indígena si tienen efecto en la conservación de selvas (obviamente mermados por el aumento poblacional), no así en el caso de bosques a excepción de aquellos localizados en zonas con serias limitantes de precipitación y temperatura (más vulnerables y aisladas).

Sin duda el análisis de LUCC requiere mayor trabajo con información más específica, sin embargo este trabajo muestra que un probable mejor alternativa de análisis sea identificando cada proceso de transición ya que cada uno de ellos puede tener causales diferentes que podrían asociarse con variables menos específicas, dando por resultado un mejor análisis con menor costo en la obtención de información.

Bibliografía

- Achard, F., H.D. Eva, H.J. Stibig, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richards, and J.P. Malingreau. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297:999-1002.
- Alix-García, J. 2007. A spatial analysis of common property deforestation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 53:141-157
- Alix-García, J., A. de Janvry, and E. Sadoulet. 2005. A tale of two communities: Explaining deforestation in Mexico. *World Development*, 33(2):219-235.
- Andersen, L.E., 1996. The causes of deforestation in the Brazilian Amazon. *J. Environ. Dev.* 5, 309-328.
- Baker, W., 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecol.* 2, 111-133.
- Balzer, H. 2000. Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling* 126(3):139-154.
- Benabdellah B., K.F. Albrecht, V.L. Pomaz, E.A. Denisenko, D.O. Logofet. 2003. Markov chain models for forest successions in the Erzgebirge, Germany. *Ecological Modelling* 159: 145-/160
- Berry, M. W., R. O. Flamm, B. C. Hazen, y R. L. MacIntyre 1996. "The land-use change and analysis system (LUCAS) for evaluating landscape management decisions". *IEEE Computational Science & Engineering* 3(1): 24-35.
- Bolker, B.M., S.W. Pacala, F.A. Bazzaz, C D. Canham, and S.A. Levin. 2006. Species diversity and ecosystem response to carbon dioxide fertilization: conclusions from a temperate forest model. *Global Change Biology*, 1(5): 373-381
- Bray, D.B and Leticia Merino Pérez. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México: Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. Mexico City: Instituto Nacional de Ecología
- Bray, D.B., L. Merino-Pérez, D. Barry (eds). 2005a. The community forests of Mexico: Managing for sustainable landscape. University of Texas Press: Austin, TX
- Cairns MA, Haggerty PK, Alvarez R et al. (2000) Tropical Mexico's recent land-use change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications* 10, 1426-41.
- Cairns, M.A., R. Dirzo and F. Zadroga. 1995. Forest of Mexico: a diminishing resource?. *J. Forestry* v. 93(7) p. 21-24.
- Castillo-Santiago, M.A., A. Hellier, R. Tipper and B. H. J. de Jong. 2007. Carbon emissions from land-use change: an analysis of causal factors in Chiapas, Mexico. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 12:1213-1235.
- Castillo-Santiago, M.A., A. Hellier, R. Tipper and B. H. J. de Jong. 2007. Carbon emissions from land-use change: an analysis of causal factors in Chiapas, Mexico. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 12:1213-1235.
- Chomitz, K. M and D.A. Gray 1996. Roads, Land use, and deforestation: A spatial model applied to Belize. *World Bank Econ Rev.*, 10: 487-512

- Chowdhury, R.R. 2006. Driving forces of tropical deforestation: The role of remote sensing and spatial models. *Singapore Journal of Tropical Geography* 27: 82-101
- Cincotta, R. P., J. Winsnewski, y R. Engelman 2000. Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404: 990-991.
- Cropper, M, and C. Griffiths. 1994. The interaction of population growth and environmental quality. *Amer. Econ. Rev.* 84:250-254
- Cuarón, A.D. 2000. Effects of Land-cover changes on mammals in a neotropical region: A modeling approach. *Conservation Biology* 14 (6):1676-1692
- Dale, V.H. 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications*, 7(3):753-769.
- Dale, V. H., Scott M. Pearson, Holly L. Offerman, Robert V. O'Neill, 1994. Relating Patterns of Land-Use Change to Faunal Biodiversity in the Central Amazon *Conservation Biology* 8 (4) , 1027-1036.
- Dechert, G., E. Veldkamp, and, I. Anas. 2004. Is soil degradation unrelated to deforestation? Examining soil parameters of land use systems in upland Central Sulawesi, Indonesia. *Plant and Soil*, 265(1-2): 197-209(13)
- Deininger , K and B.Minten . 2002. Determinants of deforestation and the Economics of Protection: An Application to Mexico. *Amer. J. Agr. Econ.* 84(4): 943-960
- Deininger, K and B. Minten. 1999. Poverty, policies, and deforestation: the case of Mexico, *Econ. Devel. Cult. Change* 47 (2):313-325.
- Dirzo, R. and M.C. Garcia 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in Southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6(1):84-90
- Dirzo, R. y O. Maser (1996), "Clasificación y dinámica de la vegetación en México. SEMARNAP Criterios y terminología para analizar la deforestación en México, México.
- Fearnside, P.M. 2000. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, Decomposition and soils in forest conversion, shifting Cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: 115-158, 2000.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 1995. "Evaluación de los recursos Forestales 1990, países tropicales". *Estudios Forestales de FAO*. Número 112, 41 pp. Roma.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1993. *Forest resources assessment 1990. Tropical countries*. Forestry paper No. 112. Rome, FAO
- Henderson, W. and Wilkins, C.W. 1975. The interaction of bushfires and vegetation. *Search*, 6(4):130-133.
- Houghton RA (1999) The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. *Tellus* 51B, 298-313.
- Irwin. E.G., and J. Geoghegan. 2001. Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85:7-23.
- Jo, H.K. and E.G. McPherson. 1995. Carbon storage flux in urban greenspace. *J. Env. Mgmt.*, 45:109-133.
- Johnes, P.J. 1996. Evaluation and management of the impact of land use change on the nitrogen and phosphorus load delivered to surface waters: the export

- coefficient modelling approach. *Journal of Hydrology* Volume 183, Issues 3-4, September 1996, Pages 323-349
- LaGro, J.A., and , S.D. DeGloria. 1992. Land use dynamics within an urbanizing non-metropolitan county in New York state (USA). *Landscape Ecol.* 7, 275-289.
- Lambin, E. F. *et al.*, 2001. The causes of land-use and landcover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11: 261-269.
- Laurance, W.F. and G. Bruce Williamson. (2001) Positive feedbacks among forest fragmentation, drought, and climate change in the Amazon. *Conservation Biology* 15:6, 1529-1535
- López-Feldman, A. and J. E. Taylor, 2005. Resource extraction and poverty: The case of Xate in frontera Corozal, Mexico. Paper presented at the Annual Meeting of the Latin American and Caribbean Economics Association (LACEA). Paris, France. October 2005
- Ludeke, A.K., Maggio, R.C., Reid, L.M., 1990. An analysis of anthropogenic deforestation using logistic regression and GIS. *J. Environ. Manage.* 32, 247-259.
- Marsden M.A. 1983. Modeling the effect of wildfire frequency on forest structure and succession in the northern Rocky Mountains. *J. Envir. Manage.* 16: 45-62.
- Mendoza, E. and R. Dirzo. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641.
- Mertens, B., Lambin, E., 1997. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon. *Appl. Geogr.* 17, 143-162.
- Miranda, F, y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 23, C.P.SARH, México.
- Moinde-Fockler, N.N., Nicholas Otienoh Oguge, Genesisio Mugambi Karere, Daniel Otina, Mbaruk Abdalla Suleman, 2007. Human and natural impacts on forests along lower Tana river, Kenya: implications towards conservation and management of endemic primate species and their habitat. *Biodiversity and Conservation* 16:4, 1161.
- Muller, M.R. and J. Middleton. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* vol. 9 no. 2 pp 151-157
- Muller, M.R., and J. Middleton. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9(2):151-157
- Muñoz, P.C. 1994. "The economic value of the Mexican Biodiversity" O'Tole R. y K Hess Jr. Incentives for protecting Northamerican biodiversity, 1(3). Oregon, E.U.A.
- Muñoz-Piña, C., G. Alarcón, and J.C. Fernández. 2003. Pixel patterns of deforestation in Mexico: 1993-2000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, MEXICO
- Nelson, G., Hellerstein, D., 1997. Do roads cause deforestation? Using satellite images in econometric analysis of land use. *Am.J. Agr. Econ.* 79, 80-88.

- Nelson, G.C. and D. Hellerstein. 1997. Do roads cause deforestation? Using satellite images in econometric analysis of land use, *Amer. J. Agr. Econ.* 79:80-88.
- Noble, I. R. y R. Dirzo 1997. Forest as human dominated ecosystem. *Science* 277:522-525.
- Norby, R.J., S. D. Wullschlegel, C. A. Gunderson, D. W. Johnson & R. Ceulemans. 1999. Tree responses to rising CO₂ in field experiments: implications for the future forest. *Plant, Cell & Environment*, 22(6):683-714
- Ochoa-Gaona, S. and M. González-Espinosa. 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*, 20(1):17-42.
- Oren, R., D S Ellsworth, K H Johnsen, N Phillips, B E Ewers, C Maier, K V Schäfer, H McCarthy, G Hendrey, S G. McNulty, G G Katul. 2001. Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystems in a CO₂-enriched atmosphere. *Nature*, 411(6836):469-472
- Pfaff, A., 1999. What drives deforestation in the Brazilian Amazon? *J. Environ. Econ. Manage.* 37, 26-43.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*, Ed. Lirnusa, México.
- Sánchez-Cordero, V., P. Iloldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar, A. Townsend Peterson. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473
- Sandoval, V. y P. Real. 2005. Modelamiento y prognosis estadística y cartográfica del cambio en el uso de la tierra. *Bosques*, 26(1):55-63.
- SARH, 1992. *Inventario Forestal Nacional de Gran Visión. Reporte principal.* Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 49 pp.
- 1994. *Inventario Forestal Nacional Periódico, México 94, Memoria Nacional* Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 81 pp.
- Stern, D.I., M.S. Common, and E. Barbier. 1996. Economic growth and environmental degradation: The environmental kuznets curve and sustainable Development. *World Development*, 24(7):1151-1160.
- Torres-Rojo, J.M. y R. Flores X. 2001. Deforestation and land use change in Mexico. *J. Sustainable Forestry*, 12(1): 171-191.
- Trejo, I and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94(2): 133-142.
- Valdez-Hernández, J.I. 2004. Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. *Madera y Bosques* Número especial 2:93-104 93
- Velázquez, A. *et al.*, 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo. *INE, Gaceta Ecológica* No 062:21-37.
- Veldkamp, A. and E. F. Lambin. 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, 85, 1-3, June 2001, Pages 1-6
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco y J.M. Melillo 1997. Human domination of Earth's ecosystems». *Science* 277: 494-499.
- Watson, R.T. *et al.*, eds., 2000. *Land use, land use changes and forestry* Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- Wessels, K.J., B. Reyers and A. S. Van Jaarsveld, 2000. Incorporating land cover information into regional biodiversity assessments in South Africa. *Animal Conservation* 3:1, 67-79
- Woolhouse, M.E.J. and R. Harmsen, 1987. A transition matrix model of seasonal changes in mite populations. *Ecol. Model.*37: 167-189.
- Wunder, S., 2001. "Poverty alleviation in tropical forests: What scope for synergies?", *World Development* 29.

Novedades

DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

- Casar, Ma. Amparo, *Los gobiernos sin mayoría en México: 1997-2006*, DTAP-195
- De Angoitia, Regina, *La evolución de los portales del gobierno federal: la experiencia de ocho dependencias*, DTAP-196
- Cabrero, Enrique, *De la descentralización como aspiración a la descentralización como problema*, DTAP-197
- Sour, Laura y Eunises Rosillo, *¿Cuáles son los resultados del presupuesto por resultados?*, DTAP-198
- Arellano, David y Walter Lepore, *Prevención y control de conflictos de interés: lecciones para la Administración Pública Federal en México...*, DTAP-199
- Sour, Laura y Fredy Girón, *El efecto flypaper de las transferencias intergubernamentales del ramo 28...*, DTAP-200
- Mariscal, Judith, *Convergencia tecnológica y armonización regulatoria en México: una evaluación de los instrumentos regulatorios*, DTAP-201
- Mariscal, Judith, *Market Structure in the Latin American Mobile Sector*, DTAP-202
- De Angoitia, Regina y Fernando Ramírez, *Estrategias utilizadas para minimizar costos por los usuarios de telefonía celular...*, DTAP-203
- Cejudo, Guillermo, Gilberto Sánchez y Dionisio Zabaleta, *El (casi inexistente) debate conceptual sobre la calidad del gobierno*, DTAP-204

DIVISIÓN DE ECONOMÍA

- Hernández, Kólver, *State-Dependent Nominal Rigidities & Disinflation Programs in Small Open Economies*, DTE-418
- Hernández, Kólver and Asli Leblebicioglu, *A Regime Switching Analysis of the Exchange Rate Pass-through*, DTE-419
- Ramírez, José Carlos y David Juárez, *Viejas ideas económicas con nuevas tecnologías matemáticas*, DTE-420
- Delajara, Marcelo, *Household and Community Determinants of Infants' Nutritional Status in Argentina*, DTE-421
- Villagómez, Alejandro, Robert Duval y Lucía Cerilla, *Análisis de la evolución de la matrícula de la licenciatura en economía en México, 1974-2004*, DTE-422
- Brito, Dagobert and Juan Rosellón, *Quasi-Rents and Pricing Gas in Mexico*, DTE-423
- Rosellón, Juan and Hannes Weigt, *A Dynamic Incentive Mechanism for Transmission Expansion in Electricity Networks-Theory, Modeling and Application*, DTE-424
- Smith, Ricardo, *A Monte Carlo EM Algorithm for FIML Estimation of Multivariate Endogenous Switching Models with Censored and Discrete Responses*, DTE-425
- Brito, Dagobert and Juan Rosellón, *Lumpy Investment in Regulated Natural Gas Pipelines: An Application of the Theory of The Second Best*, DTE-426
- Di Giannatale, Sonia, Patricia López y María José Roa, *Una introducción conceptual al desarrollo financiero, capital social y anonimidad: el caso de México*, DTE-427

DIVISIÓN DE ESTUDIOS INTERNACIONALES

- González, Guadalupe, *Percepciones sociales sobre la migración en México y Estados Unidos: ¿hay espacios para cooperar?*, DTEI-162
- Bernhard, William y David Leblang, *Standing Tall When the Wind Shifts: Financial Market Responses to Elections, Disasters and Terrorist Attacks*, DTEI-163
- Velázquez, Rafael, *La relación entre el Ejecutivo y el Congreso en materia de política exterior durante el sexenio de Vicente Fox...*, DTEI-164
- Ruano, Lorena, *De la exaltación al tedio: las relaciones entre México y la Unión Europea...*, DTEI-165
- Martínez, Ferrán e Ignacio Lago Peñas, *Why new Parties? Changes in the number of Parties over time within Countries*, DTEI-166
- Sotomayor, Arturo, *México y la ONU en momentos de transición: entre el activismo internacional, parálisis interna y crisis internacional*, DTEI-167
- Velasco, Jesús, *Acuerdo migratorio: la debilidad de la esperanza*, DTEI-168
- Velázquez, Rafael y Roberto Domínguez, *Relaciones México-Unión Europea: una evaluación general en el sexenio del presidente Vicente Fox*, DTEI-169
- Martínez i Coma, Ferrán e Ignacio Lago Peñas, *¿Qué piensan los mexicanos de los Estados Unidos?*, DTEI-170
- Velasco, Jesús, *Lou Dobbs and the Rise of Modern Nativism*, DTEI-171

DIVISIÓN DE ESTUDIOS JURÍDICOS

- Magaloni, Ana Laura, *¿Cómo estudiar el derecho desde una perspectiva dinámica?*, DTEJ-19
- Fondevila, Gustavo, *Cumplimiento de normativa y satisfacción laboral: un estudio de impacto en México*, DTEJ-20
- Posadas, Alejandro, *La educación jurídica en el CIDE (México). El adecuado balance entre la innovación y la tradición*, DTEJ-21
- Ingram, Matthew C., *Judicial Politics in the Mexican States: Theoretical and Methodological Foundations*, DTEJ-22
- Fondevila, Gustavo e Ingram Matthew, *Detención y uso de la fuerza*, DTEJ-23
- Magaloni, Ana Laura y Ana María Ibarra Olguín, *La configuración jurisprudencial de los derechos fundamentales...*, DTEJ-24
- Magaloni, Ana Laura, *¿Por qué la Suprema Corte no ha sido un instrumento para la defensa de derechos fundamentales?*, DTEJ-25
- Magaloni, Ana Laura, *Arbitrariedad e ineficiencia de la procuración de justicia: dos caras de la misma moneda*, DTEJ-26
- Ibarra, Ana María, *Los artificios de la Dogmática Jurídica*, DTEJ-27
- Fierro, Ana Elena y Adriana García, *Responsabilidad patrimonial del Estado. Interpretación de la SCJN del artículo 113 constitucional*, DTEJ-28

DIVISIÓN DE ESTUDIOS POLÍTICOS

- Lehoucq, Fabrice, *Why is Structural Reform Stagnating in Mexico? Policy Reform Episodes from Salinas to Fox*, DTEP-195
- Benton, Allyson, *Latin America's (Legal) Subnational Authoritarian Enclaves: The Case of Mexico*, DTEP-196
- Hacker, Casiano y Jeffrey Thomas, *An Antitrust Theory of Group Recognition*, DTEP-197
- Hacker, Casiano y Jeffrey Thomas, *Operationalizing and Reconstructing the Theory of Nationalism*, DTEP-198
- Langston, Joy y Allyson Benton, *"A ras de suelo": Candidate Appearances and Events in Mexico's Presidential Campaign*, DTEP-199
- Negretto, Gabriel, *The Durability of Constitutions in Changing Environments...*, DTEP-200
- Langston, Joy, *Hasta en las mejores familias: Madrazo and the PRI in the 2006 Presidential Elections*, DTEP-201
- Schedler, Andreas, *Protest Beats Manipulation. Exploring Sources of Interparty Competition under Competitive and Hegemonic Authoritarianism*, DTEP-202
- Villagómez, Alejandro y Jennifer Farias, *Análisis de la evolución de la matrícula de las licenciaturas en CP, AP y RI en México, 1974-2004*, DTEP-203
- Ríos, Julio, *Judicial Institutions and Corruption Control*, DTEP-204

DIVISIÓN DE HISTORIA

- Barrón, Luis, *Revolucionarios sí, pero Revolución no*, DTH-44
- Pipitone, Ugo, *Oaxaca: comunidad, instituciones, vanguardias*, DTH-45
- Barrón, Luis, *Venustiano Carranza: un político porfiriano en la Revolución*, DTH-46
- Tenorio, Mauricio y Laurencio Sanguino, *Orígenes de una ciudad mexicana: Chicago y la ciencia del Mexican Problem (1900-1930)*, DTH-47
- Rojas, Rafael, *José María Heredia y la tradición republicana*, DTH-48
- Rojas, Rafael, *Traductores de la libertad: el americanismo de los primeros republicanos*, DTH-49
- Sánchez, Mónica Judith, *History vs. the Eternal Present or Liberal Individualism and the Morality of Compassion and Trust*, DTH-50
- Medina, Luis, *Salida: los años de Zedillo*, DTH-51
- Sauter, Michael, *The Edict on Religion of 1788 and the Statistics of Public Discussion in Prussia*, DTH-52
- Sauter, Michael, *Conscience and the Rhetoric of Freedom: Fichte's Reaction to the Edict on Religion*, DTH-53

Ventas

El CIDE es una institución de educación superior especializada particularmente en las disciplinas de Economía, Administración Pública, Estudios Internacionales, Estudios Políticos, Historia y Estudios Jurídicos. El Centro publica, como producto del ejercicio intelectual de sus investigadores, libros, documentos de trabajo, y cuatro revistas especializadas: *Gestión y Política Pública*, *Política y Gobierno*, *Economía Mexicana Nueva Época* e *Istor*.

Para adquirir cualquiera de estas publicaciones, le ofrecemos las siguientes opciones:

VENTAS DIRECTAS:	VENTAS EN LÍNEA:
Tel. Directo: 5081-4003 Tel: 5727-9800 Ext. 6094 y 6091 Fax: 5727 9800 Ext. 6314 Av. Constituyentes 1046, 1er piso, Col. Lomas Altas, Del. Álvaro Obregón, 11950, México, D.F.	Librería virtual: www.e-cide.com Dudas y comentarios: publicaciones@cide.edu

¡¡Colecciones completas!!

Adquiere los CDs de las colecciones completas de los documentos de trabajo de todas las divisiones académicas del CIDE: Economía, Administración Pública, Estudios Internacionales, Estudios Políticos, Historia y Estudios Jurídicos.



¡Nuevo! ¡¡Arma tu CD!!



Visita nuestra Librería Virtual www.e-cide.com y selecciona entre 10 y 20 documentos de trabajo. A partir de tu lista te enviaremos un CD con los documentos que elegiste.