



Munich Personal RePEc Archive

## **Deforestation in Mexico: A preliminary analysis**

Lopez-Feldman, Alejandro

Centro de Investigacion y Docencia Economicas

May 2012

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/39082/>

MPRA Paper No. 39082, posted 30 May 2012 00:55 UTC

ALEJANDRO LÓPEZ-FELDMAN

## Deforestación en México: Un análisis preliminar\*

---

\* Documento de trabajo 527, División de Economía, CIDE.

---

## *Agradecimientos*

*Agradezco a Gabriel Parada por su apoyo en la elaboración de los mapas y a Rafael Flores Hernández, Estefanía Chávez y Christian Jiménez por su ayuda con la base de datos.*

*Los resultados descritos en el presente documento son producto del proyecto “Diagnóstico de la dinámica de cambio y motores de deforestación, degradación y +” financiado por la Comisión Nacional Forestal.*

## Resumen

---

*El presente documento de trabajo presenta una revisión de la literatura sobre las causas de la deforestación tanto a nivel internacional como para el caso específico de México. El objetivo principal es contribuir al mejor entendimiento de la dinámica de cambio en el uso de suelo así como de las fuentes y causas de la deforestación en México. Se presenta un análisis econométrico preliminar que permite identificar patrones de deforestación a nivel nacional. La revisión de la literatura y el análisis econométrico sirven de base para identificar los múltiples vacíos de información existentes.*

## Abstract

---

*The present work includes a literature review of deforestation drivers both at the international level and specific to Mexico as well as a preliminary econometric analysis. The main objective is contribute to the understanding of the dynamics of land use change as well as to the understanding of the causes of deforestation in Mexico. The results provide information about general trends in Mexico and point towards the need for more disaggregated analysis using micro level data.*



---

---

## *Introducción*

---

La importancia de los bosques tanto a nivel global como local está ampliamente establecida. Kaninnen et al. (2007) argumentan que altas tasas de deforestación tropical tienen consecuencias severas como los son contribuir: al cambio climático, a la pérdida de biodiversidad, a la ocurrencia de inundaciones y a la degradación de los suelos. Además, la deforestación amenaza las formas de vida y la integridad cultural de la gente que depende directamente de los bosques.

De acuerdo con FAO (2005), la pérdida anual de cobertura forestal en México en el periodo 1990-2000 fue del 0.5% y bajó a 0.4% para el periodo 2000-2005. Kaimowitz (2008) argumenta que la caída en las tasas de deforestación en México, y en Centroamérica, se debe a una serie de causas entre las que destacan: la mayor parte de los bosques que quedan están en lugares poco aptos para la agricultura, con pendientes pronunciadas, suelos pobres o exceso de lluvias; la migración tanto nacional como internacional ha resultado en que menos jóvenes permanecen en las comunidades rurales y por lo tanto hay menos individuos interesados en deforestar; los gobiernos han aumentado sus esfuerzos por apoyar la reforestación, la conservación y el manejo forestal. Kaimowitz argumenta que aunque algunos de estos procesos son exclusivos de Centroamérica otros reflejan tendencias típicas de la transición forestal. La transición en Costa Rica, El Salvador y las regiones de Panamá y Nicaragua localizadas en el pacífico está muy avanzada. Procesos similares se dan en algunas zonas de México pero al mismo tiempo existen otras regiones donde la deforestación acelerada continúa.

Tal y como se reconoce en el documento "*Visión de México sobre REDD+: hacia una estrategia nacional*" a pesar de que ha habido una disminución en el ritmo de la deforestación y la degradación las tasas continúan siendo cualitativamente muy importantes. Es así que en el contexto de la elaboración de la Estrategia Nacional REDD+ es fundamental entender las causas de la deforestación y la degradación. De hecho, Angelsen (2009) plantea que ese debe ser el primer paso en el diseño e implementación de las políticas de conservación forestal y argumenta que en el momento de diseñar sus estrategias nacionales REDD+ los países deben tomar en cuenta tanto la investigación sobre la deforestación como las lecciones aprendidas respecto a políticas de conservación forestal aplicadas anteriormente. Kaninnen et al. (2007) señalan que las políticas para detener la deforestación sólo funcionan si las "múltiples y dinámicas causas que están detrás de la deforestación son comprendidas y atendidas."

El presente documento de trabajo presenta una revisión de la literatura sobre las causas de la deforestación tanto a nivel internacional como para el caso específico de México. El objetivo principal es contribuir al mejor

---

---

---

entendimiento de la dinámica de cambio en el uso de suelo así como de las fuentes y causas de la deforestación en México. Se presenta un análisis econométrico preliminar que permite identificar y caracterizar a nivel nacional y regional las principales causas de la deforestación y degradación. La revisión de la literatura y el análisis econométrico sirven de base para identificar los múltiples vacíos de información existentes.

## **1. Revisión de la literatura**

Angelsen y Kaimowitz (1999) argumentan que la principal causa de la deforestación es el cambio de uso de suelo provocado por hogares o compañías, ya sea para la agricultura o para la extracción de madera. Dado que las acciones de uso del suelo y conversión de los bosques son relativamente simples a primera impresión podría parecer que el análisis de la deforestación, o más específicamente responder a la pregunta ¿qué factores hacen que los agricultores u otros agentes decidan talar más árboles? es una tarea sencilla. Sin embargo, detrás de estos actos simples hay un intrincado conjunto de realidades sociales, económicas y políticas (Kanninen et al., 2007).

Tal y como lo reconoce Contreras-Hermosilla (2000) la pérdida de bosques es un proceso complejo que no puede atribuirse a una simple relación causa-efecto ni tampoco puede asumirse que las relaciones causa-efecto permanecerán inalteradas a lo largo del tiempo. Dependiendo del contexto y de las circunstancias específicas, un mismo fenómeno (por ejemplo, la disponibilidad de nueva tecnología para la producción agrícola) puede tener efectos opuestos en los bosques. Es decir, los factores causales multidimensionales pueden diferir significativamente entre países y en el tiempo haciendo difícil llegar a generalizaciones. Por si fuera poco, muchas de las causas de la deforestación se presentan fuera del sector forestal (Kanninen et al., 2007). Por otro lado, los individuos o grupos que cambian el uso de suelo o que hacen uso de los bosques, y que por lo tanto están detrás de la deforestación o degradación, están generalmente interrelacionados entre sí así como con otros individuos o grupos que no participan directamente en la deforestación o degradación. Esto hace que sea muy difícil poder aislar las contribuciones de cada grupo al fenómeno de la deforestación y degradación.

Dada la complejidad asociada al estudio de la deforestación resulta de mucha utilidad contar con un marco conceptual que sirva como guía. En el presente documento se sigue lo propuesto por Angelsen y Kaimowitz (1999) , Angelsen (2009) y Contreras-Hermosilla (2000) por considerar que es el enfoque más útil con miras a la construcción de una Estrategia Nacional REDD+. Además, es la base detrás de la revisión de la literatura sobre

---

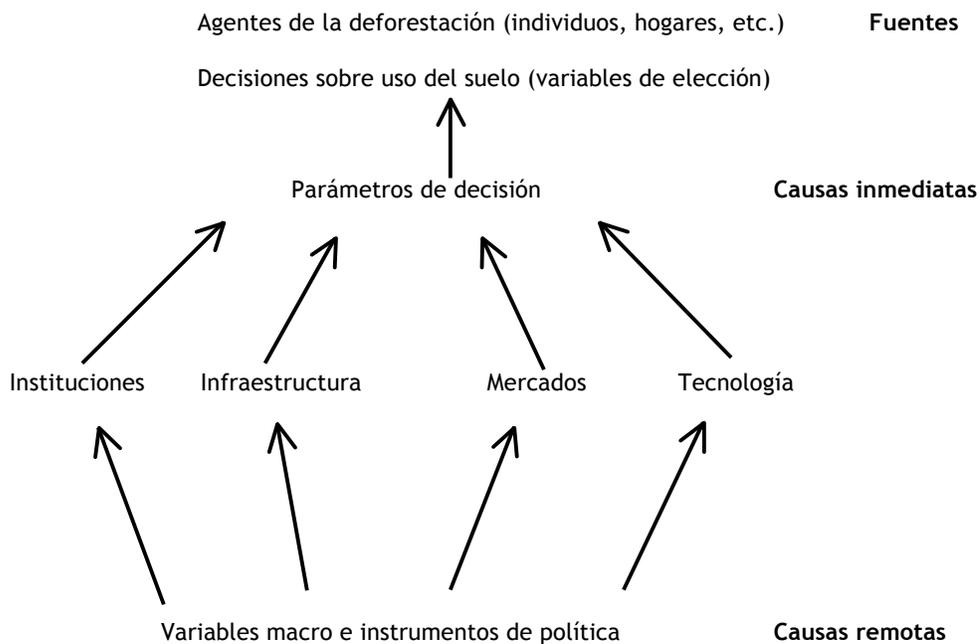
---

---

deforestación realizada por Angelsen y Kaimowitz que se menciona más adelante.

La propuesta de Angelsen y Kaimowitz es distinguir entre causas de la deforestación a distintos niveles tal y como se muestra en la Figura 1. Por un lado están los agentes (individuos, hogares, ejidos, compañías, etc.) que son directamente responsables del cambio de uso de suelo o que sin causar directamente deforestación reducen de forma significativa la capacidad productiva o la biodiversidad de los bosques (degradación). Las decisiones que estos agentes toman sobre el uso del suelo se ven influenciadas directamente por una serie de parámetros o condiciones (precios, instituciones, tecnología, etc.) que representan las causas inmediatas o directas de la deforestación. Por último están las causas remotas que son aquellas variables macro (población, crecimiento económico, tipo de cambio, etc.) y políticas nacionales e internacionales que tienen un impacto en las causas inmediatas y por ende en la deforestación.<sup>1</sup>

**FIGURA 1**  
**CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN**



Adaptado de Angelsen (2009)

---

<sup>1</sup> El término causas próximas se usa en ocasiones en lugar de causas inmediatas o directas. Motores (*drivers*) de la deforestación se usa tanto para agentes como para las causas remotas (Angelsen, 2009).

---

---

---

Conceptualmente, Angelesen (2007) propone un ambicioso marco metodológico que abarca aspectos tanto microeconómicos como macroeconómicos y que combina el modelo de Von Thunen y la Teoría de Transición Forestal. En el modelo de Von Thunen los cambios en la renta de la tierra (determinados por factores como las condiciones agroecológicas y la distancia a centros de población) explican las decisiones de los usuarios de la tierra y por ende los cambios en el uso del suelo. Lo que el modelo no puede explicar son los cambios en las rentas a lo largo del tiempo. Aquí es donde Angelsen recurre a la Teoría de la Transición Forestal. De acuerdo con la misma el uso del suelo sigue una trayectoria temporal predecible que puede ser explicada a grandes rasgos por la interacción entre factores demográficos y fuerza económicas a lo largo del desarrollo de una región o país. Este patrón refleja tanto la disminución en el crecimiento poblacional como los cambios en los mercados de alimentos y productos forestales. Más específicamente, la demanda por alimentos por parte de una población creciente inicialmente empuja la frontera agrícola (i.e., el crecimiento poblacional inevitablemente lleva a la expansión agrícola en las etapas iniciales de desarrollo económico). Pero esta relación se debilita con el tiempo por la urbanización y la innovación tecnológica lo que aumenta la productividad agrícola y permite que las tierras agrícolas marginales se reconviertan en bosque. La propuesta de Angelsen nos ayuda a tener una conceptualización más clara del proceso económico que está detrás de la dinámica del uso del suelo.

### *1.1 Estudios a nivel internacional*

El trabajo de Angelsen y Kaimowitz es una referencia obligada pues en el hacen una revisión de más de 140 modelos económicos (analíticos, econométricos y de simulación) sobre la deforestación. Como parte de dicho ejercicio dividen a los modelos en tres grandes categorías: microeconómicos, regionales y macroeconómicos. La descripción que hacen de las ventajas y desventajas de cada tipo de modelo se resume a continuación.

De acuerdo con dichos autores los modelos microeconómicos al utilizar, en la mayoría de los casos, datos provenientes de encuestas a nivel hogar (o individuo) pueden realizar una buena caracterización sobre el comportamiento y las características de los agentes. Sin embargo, este tipo de modelos tiene generalmente el inconveniente de que las conclusiones son válidas únicamente para áreas relativamente pequeñas (e.g. una comunidad o conjunto de comunidades en un Estado). Por su parte, los modelos regionales (la revisión hecha por Angelsen y Kaimowitz se refiere principalmente a modelos econométricos) analizan la deforestación en un área o región con características distintivas (estructuras agrarias, historia política e institucional, ecología, etc.). Angelsen y Kaimowitz no ahondan mucho en las

---

---

---

ventajas relativas de estos modelos pero establecen que a pesar de que metodológicamente hacen un uso de los datos similar al de los modelos macro la calidad de la información a nivel regional es mucho mejor. Angelsen y Kaimowitz son especialmente críticos de los modelos macroeconómicos, principalmente de los modelos globales o multipaís. Sobre los modelos de regresión globales concluyen que la mayoría “no estima de forma confiable la dirección y la magnitud de los efectos que diferentes variables tienen en la deforestación.” En cuanto a los modelos macro de equilibrio general computable la principal ventaja que se menciona es que los modelos a nivel país incorporan en muchos casos la posibilidad de ver cómo una causa remota afecta un conjunto específico de parámetros de decisión (e.g. precios) en lugar de simplemente analizar como los parámetros de decisión afectan a los agentes (como se hace generalmente con los modelos micro). Estos modelos en muchas ocasiones incluyen interacciones con diferentes sectores lo que los hace potencialmente muy útiles para analizar las causas remotas de la deforestación. Sin embargo, una debilidad muy grande es la poca calidad de los datos en los que se fundamentan. En particular, las elasticidades ante cambios en precios e ingresos suelen elegirse de forma arbitraria lo cual es especialmente preocupante considerando que la mayor parte de las conclusiones de dichos modelos depende de los valores de esas elasticidades.

Antes de entrar a la discusión de los resultados existentes a nivel internacional sobre las causas de la deforestación es importante ahondar un poco en una distinción que se puede dar entre los modelos microeconómicos y que es importante para entender la lógica de algunos de los trabajos que se mencionan más adelante así como para las recomendaciones que se harán sobre líneas de investigación futura. Un enfoque supone que los hogares están perfectamente integrados a los mercados y por tanto las decisiones sobre uso del suelo (y por ende sobre deforestación) pueden verse como parte de un proceso de maximización de beneficios. La modelación alternativa tiene como base el caso en el que la integración con los mercados no es completa o el caso en el que los mercados para algunos productos no existen (e.g. aunque en un país o región exista un mercado para maíz amarillo es posible que la comercialización de otras variedades de maíz sea mucho más complicada) bajo ese escenario las decisiones de los hogares dependerán no sólo de los precios de mercado sino también de las valuaciones subjetivas de los hogares.<sup>2</sup> Esto implica, entre otras cosas, que los hogares deben modelarse de forma simultánea como consumidores y productores.<sup>3</sup> La decisión sobre analizar la deforestación bajo el supuesto de mercados perfectos o bajo el

---

<sup>2</sup> Las características de una comunidad (por ejemplo, su distancia a zonas urbanas) suelen estar correlacionadas con los costos de transacción y por lo tanto con la presencia de fallas de mercado. Además, cuando se presentan fallas de mercado las características de los hogares (por ejemplo, el nivel de riqueza del hogar) pueden ser factores fundamentales en el tipo de actividades productivas a las que los mismos tendrán acceso (de Janvry y Sadoulet, 2006). Por último, es posible que las fallas de mercado afecten a algunos hogares y a otros no, dependiendo de sus características (de Janvry et al, 1991). Esto pone de manifiesto lo relevante que es incluir variables a nivel hogar y comunidad cuando se realiza el análisis de los determinantes de la deforestación.

<sup>3</sup> Las implicaciones sobre ver al hogar rural como simultáneamente productor y consumidor se explican con más detalle en Singh, Squire y Strauss (1985) y en Benjamin (1992).

---

---

---

supuesto de mercados imperfectos puede ser crítica para las predicciones que se hagan sobre las respuestas de los agentes ante distintos cambios (Angelsen y Kaimowitz 1999, Dyer et al., 2006).

De la revisión de la literatura Angelsen y Kaimowitz llegan a las siguientes conclusiones sobre las causas inmediatas de la deforestación:

a) Los precios agrícolas más altos estimulan la pérdida de bosques. Sin embargo, debe enfatizarse que estos resultados se refieren a cambios en los precios de bienes agrícolas respecto a otros sectores. Es decir, los resultados no permiten detectar el efecto que tendrían cambios en los precios de productos agrícolas específicos.

b) El impacto de los precios de fertilizantes y de la disponibilidad de crédito es indeterminado. Para el caso de fertilizantes la indeterminación se debe a que por un lado mayores precios de fertilizantes pueden impulsar a los agricultores a sistemas más extensivos (mayor presión sobre los bosques) que requieren menos fertilizante pero por otro la menor rentabilidad de la actividad los puede llevar a sembrar menos (menor presión sobre los bosques). La evidencia respecto al precio de otros insumos (semillas, pesticidas, herramientas, etc.) sugiere que la disminución en rentabilidad domina al incentivo por producir de forma más extensiva por lo que la deforestación disminuye cuando aumentan los precios de estos insumos. El impacto del crédito depende básicamente del uso que se le dé a la expansión de liquidez (aquí es importante enfatizar que lo que importa a final de cuentas no es necesariamente en qué se use directamente el crédito sino el impacto que tener crédito tiene en todas las actividades del hogar). La mayor parte de la evidencia empírica apunta a que a mayor crédito mayor deforestación, pero hay estudios (como el de Godoy, et al., 1997 en Honduras) que muestran que los agricultores con más crédito deforestan menos.

c) Uno de los efectos sobre el cual más consenso existe es el del impacto de los salarios y el empleo no-agrícola en la deforestación. Los modelos teóricos y la evidencia empírica (principalmente a nivel micro) apuntan a que a mayor salario en las zonas rurales y a mayor disponibilidad de empleo no-agrícola menor deforestación.

d) El impacto del cambio tecnológico depende principalmente de si las nuevas tecnologías son intensivas en capital/trabajo o si son ahorradoras de cualquiera de los dos. Las tecnologías que ahorran trabajo/capital tienden a promover la deforestación. Esto se complementa con lo que dice Kaninnen et al. (2007) respecto a que el efecto de la adopción de tecnologías agrícolas depende del efecto neto entre dos fuerzas que se oponen (y que se presentan en distintos momentos en el tiempo): 1) la adopción se da si la nueva tecnología aumenta la rentabilidad agrícola (aumenta la presión sobre los bosques), 2) una vez que se da la adopción puede surgir un aumento en la oferta de productos agrícolas llevando a una disminución en la rentabilidad agrícola.

---

---

---

e) La relación entre carreteras y deforestación es una de las más comúnmente establecidas. Sin embargo, Angelsen y Kaimowitz argumentan que en ocasiones se ha sobredimensionado su causalidad pues las carreteras son por lo menos parcialmente endógenas.<sup>4</sup> Esto se complementa con los resultados de Chomitz y Gray (1996) quienes muestran que el impacto de las carreteras es altamente sensible a la calidad del suelo y a los derechos de propiedad sobre la tierra. En específico muestran que en zonas remotas con baja densidad de población y suelos pobres las carreteras o caminos tienen un impacto bajo en términos de cambio de uso de suelo.

f) El impacto de los derechos de propiedad (o de su ausencia) depende mucho del contexto en el que se presenten dichos derechos y de la forma en que estos se relacionen con otros parámetros que afectan las decisiones de uso de suelo. Por ejemplo, si la obtención de un crédito está ligada a la tenencia legal de la tierra entonces la regularización de la tierra puede llevar a más acceso a crédito pero, como se dijo antes, el efecto del crédito en la deforestación es indeterminado.

g) En lo que al efecto del precio de la madera se refiere, los resultados muestra que mayores precios hacen más rentable la actividad y por ende se espera más deforestación. Por otro, también es posible que precios muy bajos de la madera lleven a uso de tecnologías de procesamiento y cosecha menos eficientes generando la necesidad de cortar mayores áreas y por tanto mayor deforestación.

En lo que a las causas remotas se refiere, Angelsen y Kaimowitz mencionan que dado que las variables y procesos macro influyen las decisiones a través de canales complejos es mucho más difícil establecer relaciones claras entre las causas remotas y la deforestación. Además, en muchos casos la información que se requiere no está disponible o es de poca calidad. Entre los resultados que encuentran están los siguientes:

a) Aunque la densidad poblacional está correlacionada de forma positiva con la deforestación, la evidencia es más débil de lo que generalmente se cree y a nivel local y regional la población debe considerarse como endógena.

b) El impacto del crecimiento económico y del ingreso en la deforestación no está determinado a priori. Por un lado tenemos que el crecimiento económico puede llevar a más oportunidades de empleo fuera del campo pero por el otro puede incrementar la demanda de productos agrícolas y forestales.

c) Hay poca evidencia confiable respecto a los impactos del cambio tecnológico, la deuda, la liberalización comercial y las devaluaciones.

El trabajo de Angelsen y Kaimowitz deja en claro lo complejo que es el estudio de la deforestación y suscita dudas sobre muchas de las relaciones que en ocasiones se han tomado como dadas. A pesar de lo amplia que es la

---

<sup>4</sup> Por ejemplo, es posible que en algunos casos la construcción de carreteras y caminos sea en realidad el resultado de una motivación pre-existente de deforestar por parte de algún grupo con el suficiente poder político como para influenciar las políticas gubernamentales (Contreras-Hermosilla, 2000; Kaimowitz, et al., 2005).

---

---

---

revisión realizada por dichos autores es de utilidad complementarla con algunos resultados y propuestas de trabajos de investigación más recientes. Entre ellos se encuentra el de Zwane (2007) quien da evidencia en contra de la hipótesis de que reducciones en pobreza contribuirán a disminuir la deforestación. Dicha conclusión se basa en un modelo teórico y en estimaciones empíricas para Perú bajo el supuesto de mercados incompletos donde se encuentra que a mayor ingreso mayor deforestación (aunque la relación es decreciente).

En lo que a subsidios se refiere Repetto (1993) dice que los subsidios al sector forestal en muchas ocasiones terminan impulsando actividades que no son económicamente racionales y desembocan en mayor conversión forestal de la deseable. En cuanto a los subsidios agrícolas no es posible concluir inequívocamente que la desaparición de cualquier tipo de subsidio agrícola llevará a una disminución de la deforestación. Por ejemplo, Kaimowitz et al. (2005) menciona que la remoción de los subsidios a los fertilizantes en África Sub-sahariana llevarían muy probablemente a una aceleración de la deforestación. Otro ejemplo es el de Brasil, Kaimowitz (2002) dice que la agricultura y la ganadería resultan ser más rentables de lo que originalmente se pensaba pues a pesar de que se redujeron los créditos y otros incentivos fiscales no se dio el efecto que se esperaba. Es decir, a pesar de que las tasas de deforestación cayeron entre 1987-1991 después de que el gobierno brasileño disminuyó los incentivos fiscales, la tasa de deforestación en Brasil aumentó lenta pero continuamente a lo largo de los 90's.

Por su parte, Sunderlin y Wunder (2000) concluyen que los niveles de exportación de minerales y petróleo afectan a la deforestación en formas diversas dependiendo del contexto de cada país. Por último, en lo que al impacto que las áreas protegidas tienen en la deforestación Porter-Bolland et al. (2011) hacen una comparación de estudios de caso que incluye 40 áreas protegidas y 33 bosques bajo manejo forestal comunitario. De su análisis de toda la muestra concluyen que los últimos presentan tasas de deforestación anual iguales o menores y con menor variación que los bosques que se encuentran en áreas naturales protegidas. Mencionan específicamente que los ejidos en México son un ejemplo de cómo la cubierta forestal se puede mantener en bosques con manejo forestal comunitario aún bajo la presencia de presiones de deforestación. En este mismo sentido Bray et al. (2008) concluyen que hay evidencia de que en el bosque Maya de México y Guatemala los bosques bajo esquemas de extracción forestal comunitaria son al menos tan efectivos como las áreas protegidas en inhibir la deforestación.

## *1.2 Estudios para México*

La evidencia empírica muestra que no existen políticas para controlar la deforestación que puedan considerarse como universalmente válidas por lo

---

---

---

que entender el contexto en el que se da la deforestación resulta fundamental. En ese sentido, a continuación se presenta una revisión de la literatura que ha abordado el tema para México desde una perspectiva económica en los últimos 15 años.<sup>5</sup>

Utilizando datos a nivel estatal para los años 1970, 1980 y 1985, Barbier y Burgess (1996) realizaron un análisis de los impactos que algunas políticas gubernamentales (por ejemplo, precio de garantía del maíz) tienen en el área agrícola sembrada y en la oferta de ganado. Ellos encuentran que tanto la superficie sembrada como la cantidad de ganado tienen una relación positiva con la población. Lo mismo es cierto para los precios pues entre mayor es la razón entre el precio del maíz y el de los fertilizantes mayor superficie sembrada se tiene y a mayor precio del ganado mayor oferta. A mayor monto de crédito otorgado por FIRA y BANRURAL mayor cantidad de ganado en el Estado. El ingreso per-cápita aumenta la demanda de ganado (pero no la de productos agrícolas de forma estadísticamente significativa). La densidad de carreteras a nivel estatal tiene un efecto negativo (aunque no estadísticamente significativo) en ambas variables de interés, lo que los autores argumentan se puede deber a que a mayor densidad mayor acceso a oportunidades de empleo fuera del campo. A pesar de que con los datos disponibles no es posible saber cuánta de la demanda excedente por tierra (para agricultura y para pastoreo) se satisface utilizando tierras que ya eran de uso agrícola o pecuario y cuánta requiere de tala de bosques, los autores afirman que este análisis indirecto es una buena aproximación a la deforestación debido a la alta correlación entre dicho fenómeno y la demanda de tierra para la agricultura y el pastoreo.

Deininger y Minten (1999) hacen uso de información a nivel municipal para medir la deforestación en el periodo 1980-1990 (miden área deforestada como porcentaje del área con bosque en 1980). Esta información más desagregada les da una ventaja sobre el trabajo de Barbier y Burgess pues pueden medir directamente la deforestación y además incluyen variables a nivel más cercano al nivel de los tomadores de decisión (aunque se reconoce que el uso de datos municipales en lugar de a nivel de parcela introduce un sesgo que será mayor mientras más grande y heterogéneo sea el municipio analizado). Entre sus resultados más sobresalientes está el hecho de que la pobreza (medida como población económicamente activa en el municipio ganando un salario mínimo o menos) aumenta la deforestación pues es quizá la primera prueba empírica de dicha hipótesis utilizando datos para todo el país. Otro resultado importante es que encuentran evidencia de que a mayor población indígena y a mayor proporción de tierra ejidal en el municipio menor deforestación. Se tiene así una de las primeras evidencias en contra de la hipótesis de que la tierra en propiedad comunal está sujeta a un mayor riesgo de deforestación. Similar a lo encontrado por Barbier y Burgess, el crédito de

---

<sup>5</sup> En el apéndice se presenta una tabla con un resumen de los principales resultados de los artículos aquí incluidos.

---

---

---

BANRURAL (medido como porcentaje de agricultores con crédito en el municipio) aumenta la deforestación (aunque la variable no es estadísticamente significativa) pero mientras más alto es el porcentaje de agricultores que recibieron servicios de extensión menor es la deforestación. Por último, es importante mencionar que aunque los autores muestran en sus estadísticas descriptivas diferencias importantes a nivel regional (por ejemplo, la tasa de deforestación anual estimada en el periodo es de 3.81% en el Sureste mientras que es el 1.92% en el Noroeste) no hacen un análisis de las implicaciones que esto tiene para sus resultados econométricos.

Deininger y Minten (2002) analizan de nuevo la deforestación pero en esta ocasión se concentran en los Estados de Oaxaca y Chiapas para analizar la deforestación al nivel de “parcelas” (más específicamente al nivel de puntos de 1km<sup>2</sup> lo que les da una muestra de aproximadamente 117,000 puntos). Al igual que en su trabajo anterior utilizan información socioeconómica a nivel municipal pero esta vez las variables físicas y geográficas están a nivel de parcelas. Sus resultados principales son muy similares a los de su trabajo anterior aunque ahora los impactos de cambios en las variables son expresados en términos de cambios en la probabilidad de que una parcela sea deforestada (por ejemplo, si la pobreza disminuyera en una desviación estándar entonces la probabilidad de deforestación de una parcela, dado todo lo demás constante, se reduciría en 3 puntos porcentuales). Entre los resultados que difieren de su análisis previo resalta el hecho de que el crédito de BANRURAL sigue siendo un factor que aumenta la deforestación pero ahora es muy significativo tanto estadística como cuantitativamente (un aumento de una desviación estándar en la proporción de individuos con crédito llevaría a un aumento de casi 6 puntos porcentuales en la probabilidad de deforestación). Por último, los autores encuentran que a mayor distancia a la carretera pavimentada más próxima (medida como la distancia en línea recta desde la parcela) menor probabilidad de deforestación (un aumento en la distancia de una desviación estándar implica una reducción en la probabilidad de deforestación de casi 19 puntos porcentuales).

Barbier (2002) presenta un modelo teórico sobre el papel que las instituciones formales e informales pueden jugar, en los países en desarrollo, en la imposición de restricciones a la deforestación con fines agrícolas. Para ilustrar empíricamente las implicaciones de su modelo, Barbier recurre a los datos que había analizado junto con Burgess en 1996, añadiendo a su base datos de 1960 y concentrándose en el impacto en el área agrícola sembrada. Los resultados empíricos arrojan evidencia de que los ejidos contribuyeron durante el periodo estudiado a reducir la conversión de bosques a tierras agrícolas. Por lo tanto, Barbier argumenta que es posible que las modificaciones al Artículo 27 de la Constitución Mexicana tengan un impacto positivo en la deforestación, es decir que lleven a un aumento en la deforestación, al debilitar la estructura de los ejidos y por lo tanto las

---

---

---

instituciones formales e informales asociadas a ellos. Sin embargo, los datos que utiliza el autor no le permiten probar empíricamente estos impactos.

Una prueba empírica relacionada con el planteamiento de Barbier se presenta en Braña y Martínez (2005) quienes analizan la hipótesis de que el PROCEDE influye en la probabilidad de deforestación. Utilizando una muestra de 370 ejidos (divididos en ejidos forestales y no forestales) encuentran que la participación del ejido en el PROCEDE no tuvo ningún impacto en la tasa de deforestación en el periodo 1993-2000. Sin embargo, sus resultados indican que entre mayor sea el porcentaje de la población inscrita en Alianza para el Campo mayor es la probabilidad de deforestación en los ejido forestales (para los ejidos no forestales el efecto no es estadísticamente significativo).

Otro análisis del efecto de programas gubernamentales sobre la deforestación es el realizado por Schmook y Vance (2009) quienes utilizan los datos de una encuesta aplicada a 211 hogares en 14 ejidos del sur de Yucatán. Ellos enfatizan que tanto la magnitud como la dirección del impacto de programas de apoyo al campo (como PROCAMPO y Alianza para el Campo) dependerá de qué tan bien funcionen los mercados locales y de la heterogeneidad entre los hogares. En este artículo PROCAMPO se mide en términos del monto anual recibido por los hogares mientras que la participación en Alianza se mide con una variable dicotómica. Los resultados muestran que PROCAMPO tiene un efecto negativo en la superficie que se encuentra cubierta por bosque (y un efecto positivo en el área dedicada a agricultura y ganadería); un incremento de 100 pesos recibidos por el programa implica 0.2 hectáreas menos de bosque. No se encuentra ningún efecto de Alianza en el área cubierta con bosque. La interpretación que los autores dan al efecto de PROCAMPO sigue la lógica de un modelo con mercados incompletos. En este sentido los autores argumentan que para los hogares con producción de subsistencia y sin acceso a mercados (principalmente debido a costos de transacción elevados) la única forma de satisfacer un aumento en la demanda por consumo de alimentos (derivada del aumento en el ingreso a causa de la recepción del subsidio) es mediante un incremento en la producción.

Por último, en lo que a los trabajos enfocados a medir los impactos de programas del gobierno en la deforestación se refiere, está Alix-García et al. (2011). Ellos miden el impacto del Programa Oportunidades en la deforestación. Sus resultados muestran que las transferencias de ingresos aumentan la deforestación. Un posible mecanismo detrás de este efecto es el incremento que se da en el consumo de leche y de carne de res.

Muñoz et al. (2003) hacen un análisis de los patrones de deforestación en México incluyendo tanto características físicas de la tierra como variables que capturan los costos de transacción (distancia) y variables sobre características institucionales. Para su análisis utilizan datos del Inventario Nacional Forestal para 1993 y 2000 con una base de 23,402 puntos que en 1993 eran catalogados

---

---

como bosque (primario o secundario). Sus resultados muestran que a mayor distancia entre el bosque y los centros poblacionales (ya sea zonas urbanas de por lo menos 15,000 o pequeñas localidades) menor deforestación. A mayor rendimiento agrícola (tonelada de maíz por hectárea) en la zona mayor probabilidad de deforestación. Se confirman además los resultados obtenidos por Deininger y Minten (1999 y 2002) en el sentido de que en las comunidades indígenas hay una menor deforestación. La participación en PROCEDE y el número de años en PROCEDE no tienen ningún impacto en la probabilidad de deforestación (o en la probabilidad de que un bosque sea degradado). A mayor pobreza (medida por el índice de marginación de CONAPO) mayor probabilidad de deforestación y entre más inclinado es el terreno menor probabilidad de que sea deforestado.

Utilizando una base de datos de 450 ejidos entrevistados en el 2002, Alix-García et al. (2005) analizan el impacto que la heterogeneidad en las características de los ejidos tiene en la deforestación. De acuerdo con su análisis, es importante distinguir entre ejidos que tienen a la actividad forestal como una de sus actividades económicas y aquellos que simplemente tienen bosques pero no los explotan comercialmente. La decisión de participar o no en la actividad forestal es una decisión endógena y los resultados muestran que variables como el tamaño del ejido, la presencia de líderes más jóvenes y la localización (elevación del terreno y localización en zonas ecológicas no-tropicales) incrementan la propensión de los ejidos a tener actividad forestal; mientras que ejidos con menos de 25 años son menos propensos a explotar los bosques (los autores argumentan que esto puede deberse a que los ejidos más recientes obtuvieron bosques de menor calidad). Los ejidos que no tienen actividad forestal deforestan 4.5 ha per cápita mientras que los que tienen actividad forestal deforestan 6.8 ha per cápita y de acuerdo a las estimaciones de los autores éstos ejidos deforestarían aún más si no tuvieran actividad forestal (7.1 ha per cápita). Este resultado es hasta cierto punto contrario a lo que Bray et al. (2007) mencionan sobre los bosques comunitarios en México.

Alix-García (2007) presenta un modelo teórico para analizar de forma simultánea las decisiones sobre dónde y cuánto deforestar en un ejido determinado. Las hipótesis que resultan del modelo son puestas a prueba utilizando la misma base de datos que se utilizó en el trabajo de Alix-García et al. (2005). Sin embargo, dado lo argumentado en ese trabajo sobre las diferencias fundamentales entre los ejidos con actividad forestal y los ejidos sin actividad forestal, la autora decidió concentrarse únicamente en explicar el comportamiento de deforestación de los ejidos sin actividad forestal. Entre los resultados destaca el hecho de que la demanda por pastizales (el cambio en el área con pastizales entre 1994-2000) disminuye con la pobreza (medida por el índice de marginación a nivel municipal) lo cual contrasta con los resultados obtenidos en otros trabajos. Además, las parcelas de bosque que

---

---

---

están más cerca de las viviendas del ejido, así como las que tienen menor pendiente y altitud, presentan un mayor riesgo de deforestación. En cuanto a las variables a nivel comunitario se tiene que a mayor proporción de individuos con educación secundaria menor deforestación. Por último, a mayor desigualdad en la comunidad (medida por el coeficiente Gini de la distribución de tierra) menor deforestación.

Torres et al. (2008) utilizan la información cartográfica de las Series II y III de la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI para estudiar los cambios en el uso de suelo entre 1993 y 2000 junto con información climática, económica y sociodemográfica a nivel nacional. Su enfoque se caracteriza por desagregar el proceso de cambio de uso de suelo en las diferentes coberturas resultantes. Específicamente se analizan los determinantes de la transición de bosque a otras formaciones (cultivo/zona urbana, pastizal y matorral) y entre selva y otras formaciones (cultivo/zona urbana, pastizal). Entre los resultados más destacados está el hecho de que la desigualdad (medida por el Gini de la distribución del PIB) disminuye la probabilidad de que se dé un cambio de uso de suelo tanto en bosques como en selvas. La densidad de caminos disminuye la presión sobre los bosques pero no sobre las selvas. A mayor riqueza (medida por el PIB per cápita) mayor probabilidad de cambiar de bosque a cultivo (zona urbana) o de selva a cultivo (zona urbana).

De los resultados presentados hasta ahora se puede apreciar que es muy difícil llegar a conclusiones que sean fácilmente generalizables. En ese sentido Geist y Lambin (2002) concluyen que al estudiar la deforestación tropical no hay una relación causa y efecto que pueda considerarse como universalmente válida. Por lo tanto, continúan los autores, no existe una política universalmente válida para controlar la deforestación y es necesario tener un entendimiento detallado de las causas que afectan el cambio de uso de suelo en una localidad dada antes de llevar a cabo cualquier intervención de política.

## **2. Datos y análisis econométrico**

El objetivo principal de esta sección es analizar los factores que se encuentran detrás de los cambios de uso de suelo de formaciones originalmente clasificadas como bosque, selva y selva baja caducifolia. Para lograr lo anterior se utilizará información de las Series II, III y IIV de la Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI junto con información socio-demográfica a nivel estatal. Para encontrar las transiciones entre distintos usos de suelo se generó una malla de puntos a cada 10km (lo que generó un total de 19,494 puntos) que después se intersectó con las series antes mencionadas.<sup>6</sup> Se analizan dos cambios en el tiempo, el de la Serie II a

---

<sup>6</sup> Este proceso estuvo a cargo del Ingeniero Rafael Flores Hernández de la CONAFOR.

---

la III y el de la III a la IV. El primer paso para dicho análisis fue clasificar cada uno de los 19,494 puntos en cada uno de los tres puntos en el tiempo (es decir, en cada una de las tres series) en una de las siguientes categorías: Bosque, selva, selva baja caducifolia, matorral, vegetación hidrófila, pastizal natural, otros tipos de vegetación, sin vegetación aparente, agrícola, pecuario, zona urbana y cuerpo de agua. Los resultados de este ejercicio para los puntos que en la Series II ó III fueron clasificados como bosque, selva o selva baja se muestran en la Tabla 1. En dicha tabla se puede ver que el porcentaje de puntos en los cuales se registro pérdida entre las Series II y III es ligeramente mayor que el registrado entre las series III y IV para los tres tipos de cobertura; es decir, los resultados muestran una ligera reducción en la deforestación en el tiempo. En ambos casos los mayores porcentajes de pérdida se presentan en la selva (8% y 7%) mientras que los menores se dan en los bosques (3% y 2%).

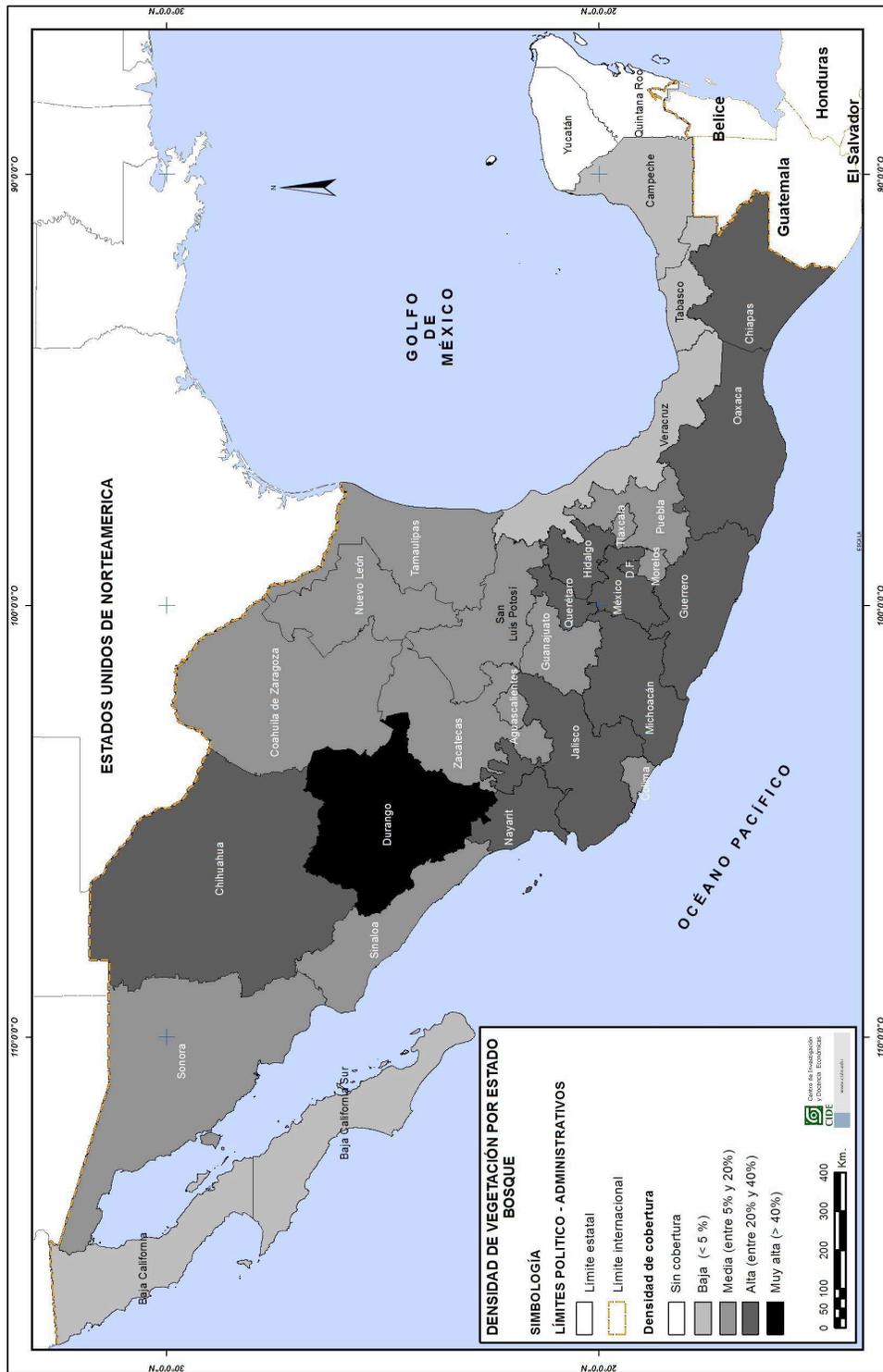
**TABLA 1**  
**TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN ORIGINAL (BOSQUE, SELVA O SELVA BAJA) A OTRO TIPO DE FORMACIÓN**

	Serie II- Serie III		Serie III- Serie IV	
	Puntos sin cambio	Puntos con cambio	Puntos sin cambio	Puntos con cambio
Bosque	3,342 (97%)	123 (3%)	3,362 (98%)	60 (2%)
Selva	1,467 (92%)	134 (8%)	1,445 (93%)	113 (7%)
Selva baja	1,606 (93%)	122 (7%)	1591 (94%)	103 (6%)

Para ilustrar de mejor forma la distribución de los distintos tipos de cobertura forestal en el territorio nacional así como la localización espacial de las pérdidas de cobertura se realizaron una serie de mapas. Para medir la densidad a nivel estatal de un determinado tipo de cobertura (por ejemplo bosque) se calculó el porcentaje de puntos que fueron clasificados con esa cobertura con respecto al total de puntos localizados en el Estado.<sup>7</sup> Con esa información se clasificó a los estados en 5 categorías: sin cobertura, baja (cobertura menor al 5%), media (cobertura entre el 5% y el 20%), alta (cobertura entre el 20% y el 40%) y muy alta (cobertura mayor al 40%). La Figura 2 muestra los resultados de este ejercicio para bosque. Con excepción de Yucatán y Quintana Roo el resto del país cuenta con presencia de bosques. Durango es el único estado clasificado como de muy alta presencia. La Figura 3 muestra la distribución de selva en el país. Yucatán, Quintana Roo y Campeche tienen la mayor presencia relativa de selvas seguidos por Chiapas.

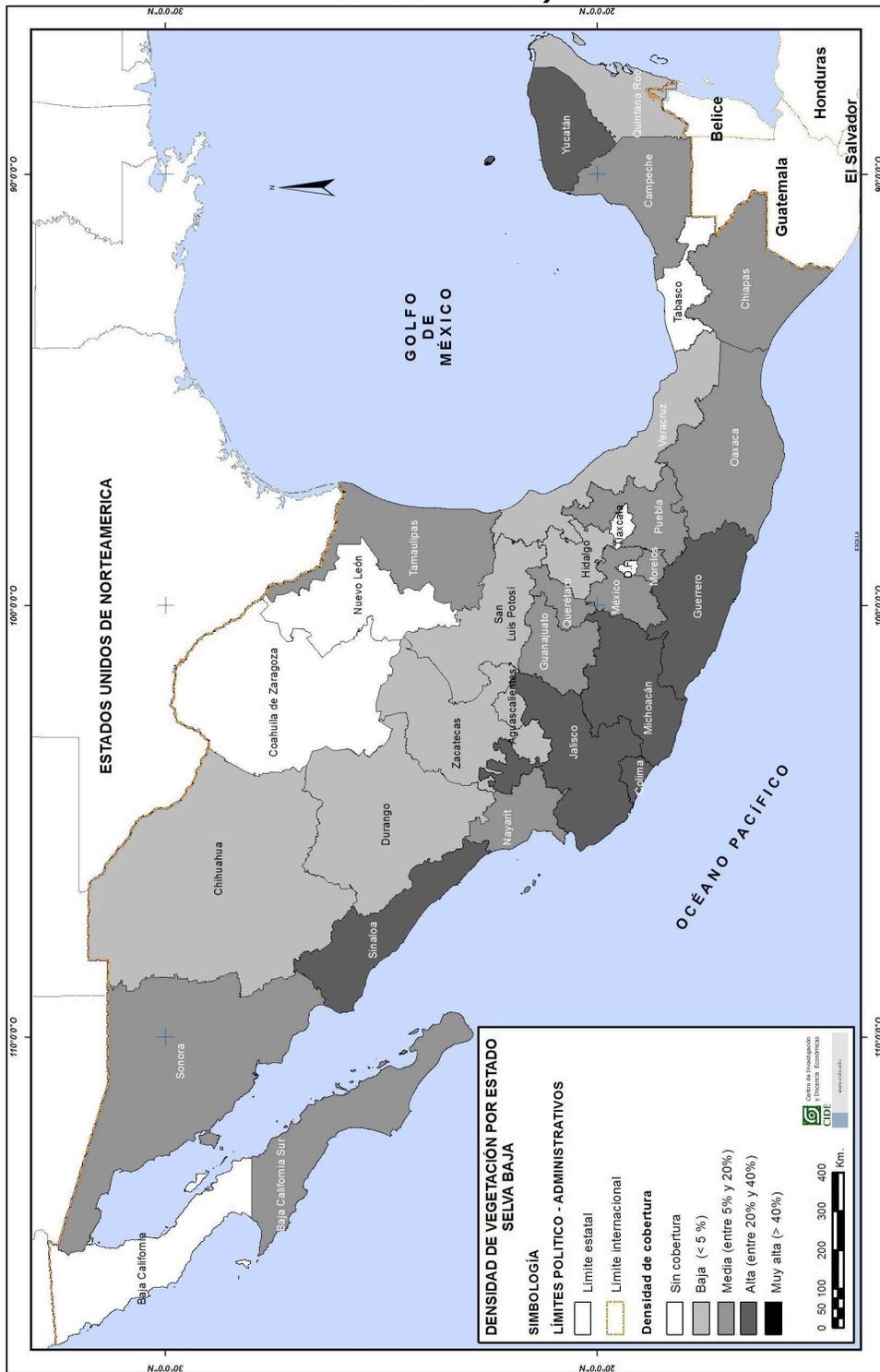
<sup>7</sup> Para el mapa se utilizó como base la cobertura de acuerdo con la Serie II, los resultados son muy similares si se utiliza la Serie III.

**FIGURA 2.**  
**DENSIDAD DE BOSQUE A NIVEL ESTATAL**  
**(PORCENTAJE DEL TOTAL DE PUNTOS LOCALIZADOS EN EL ESTADO QUE SON CONSIDERADOS**  
**COMO BOSQUE)**

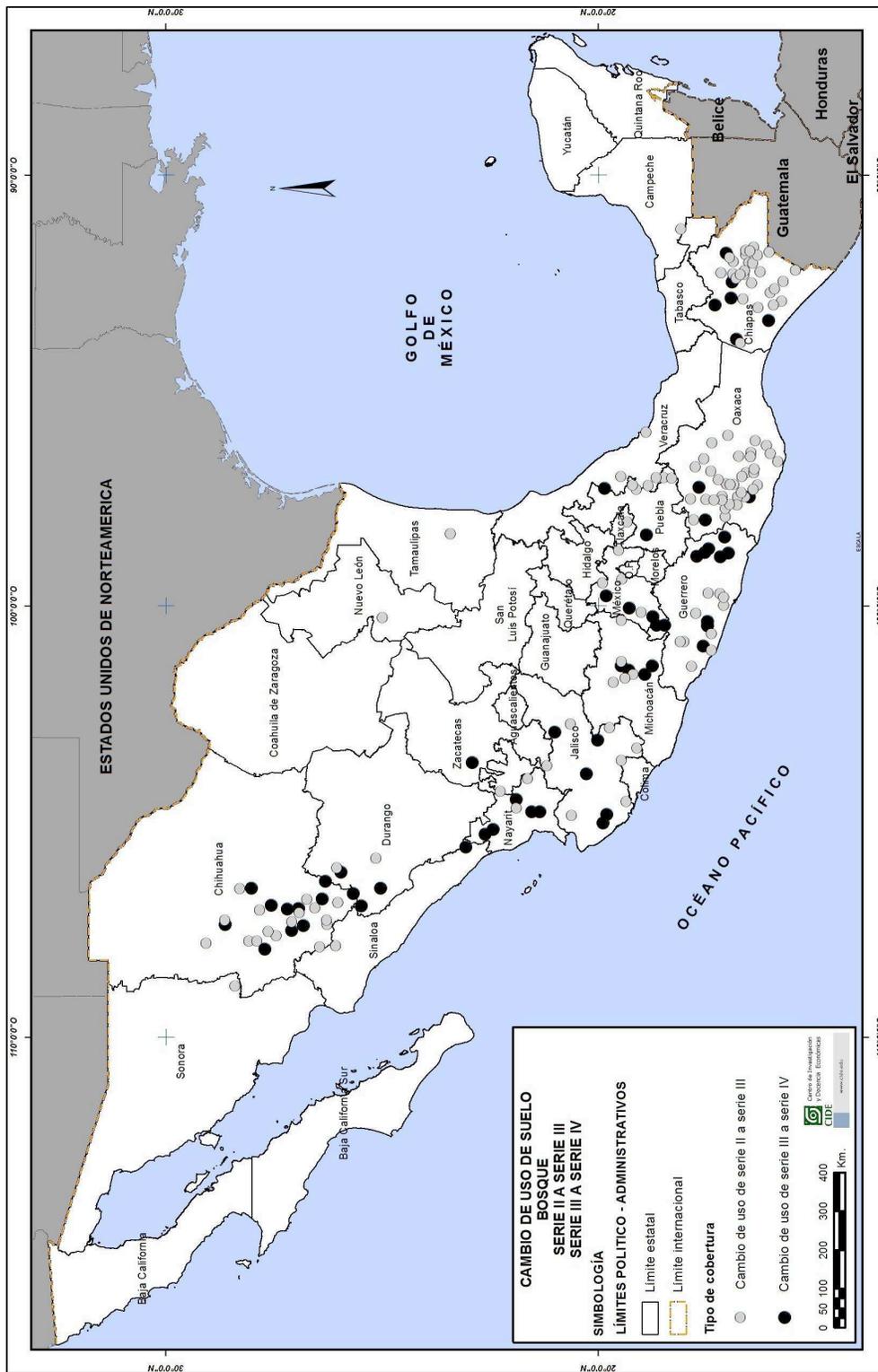




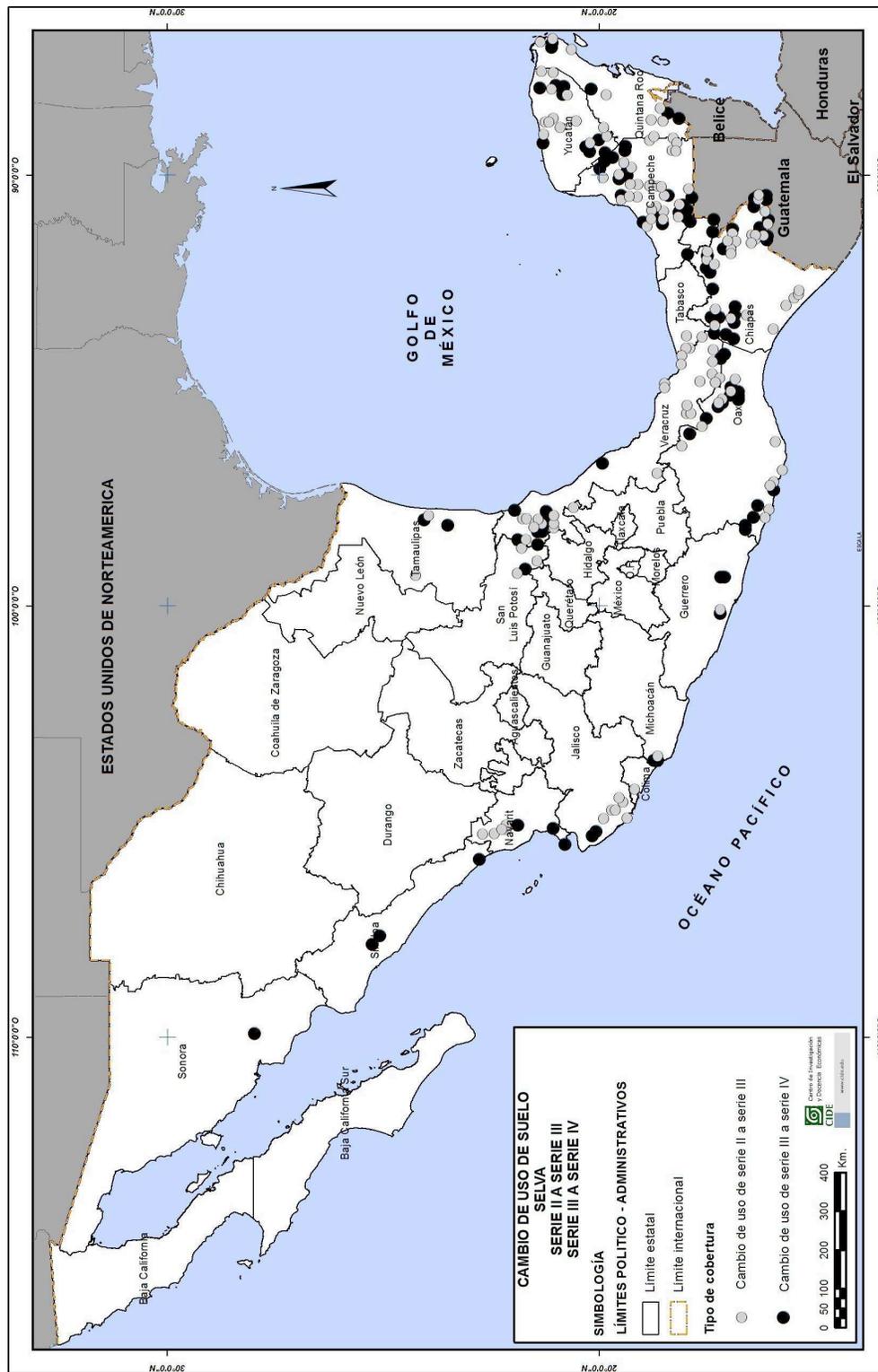
**FIGURA 4.**  
**DENSIDAD DE SELVA BAJA A NIVEL ESTATAL**  
**(PORCENTAJE DEL TOTAL DE PUNTOS LOCALIZADOS EN EL ESTADO QUE SON CONSIDERADOS**  
**COMO SELVA BAJA)**



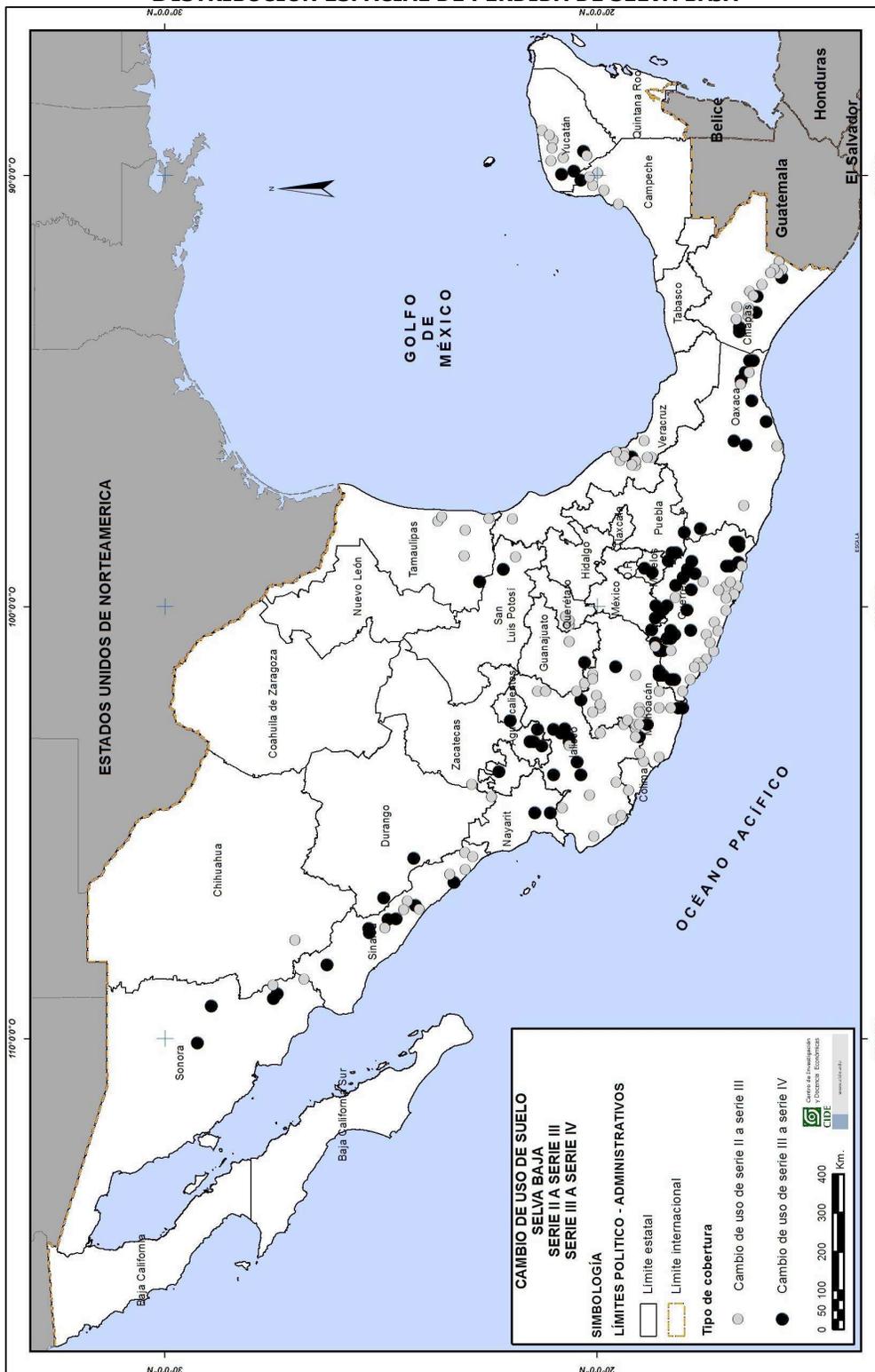
**FIGURA 5.**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PÉRDIDA DE BOSQUE**



**FIGURA 6.**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PÉRDIDA DE SELVA**



**FIGURA 7.**  
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PÉRDIDA DE SELVA BAJA**



---

---

Las selvas bajas (Figura 4) tienen presencia en más estados de la República que las selvas pero ningún estado se clasifica como de muy alta presencia relativa en lo que a selvas bajas se refiere. La región Sur-Sureste (Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo) es donde se tiene la mayor presencia combinada de las tres coberturas forestales.

La Figura 5 muestra los puntos clasificados como bosque de acuerdo con la Serie II (III) y que se convirtieron a otro uso de suelo (cultivo, matorral, pastizal o urbano) de acuerdo con lo reportado en la Serie III (IV). Chiapas y Oaxaca son claramente los estados con el mayor número de puntos con pérdida entre las Series II y III. El patrón de pérdida es menos claro para el cambio entre las Series III y IV, siendo Chihuahua y Guerrero los estados con más puntos con pérdida de bosques. La pérdida de selvas se muestra en la Figura 6. Los estados con mayor pérdida entre las Series II y III fueron Campeche, Chiapas y Veracruz. Campeche y Chiapas, acompañados por Oaxaca fueron los estados con más pérdida de selvas entre las series III y IV. Por último, la distribución espacial de las pérdidas de selva baja se muestra en la Figura 7. Guerrero y Michoacán presentaron las mayores pérdidas en el periodo comprendido por las Series II y III seguidos por Chiapas, Jalisco y Veracruz. En el periodo entre las Series III y IV Guerrero es con mucho el estado con más pérdidas seguido por Michoacán, Oaxaca y Jalisco. Comparando los mapas de densidad de cobertura (figuras 2 a 4) con los mapas de pérdida podemos ver que existe una clara correlación entre los estados con densidades muy altas y altas y los mayores niveles de pérdida.

Estos datos de pérdida de cobertura forestal (bosque, selva o selva baja), en específico la probabilidad de que un punto determinado deje de ser bosque, selva o selva baja, se analizan con más detalle más adelante. Otro aspecto interesante en el estudio de la deforestación es el analizar con más detalle a que usos se están destinando los terrenos que pierden su cobertura forestal. En la Tabla 2 se muestran estas transiciones. Prácticamente el 60% de la pérdida de bosques en ambos periodos se debe a la agricultura y el resto se debe a cambios para pastizales. La pérdida de selva se debe casi exclusivamente a la agricultura ya que los cambios por pastizal y uso urbano combinados representan menos del 5% de los cambios observados. En lo que a selva baja se refiere el 70% de la pérdida entre las Series II y III y el 85% de la pérdida entre las Series III y IV se debió a la agricultura; el resto fue por pastizales. La Tabla 2 muestra que el cambio de uso agrícola fue la principal causa de pérdida de cobertura forestal seguido de lejos por el uso para pastizales; el cambio a uso urbano representa una fracción insignificante del total.

---

**TABLA 2**  
**TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN ORIGINAL (BOSQUE, SELVA O SELVA BAJA) A**  
**FORMACIONES ESPECÍFICAS**

	Bosque		Selva		Selva baja	
	Serie II- Serie III	Serie III- Serie IV	Serie II- Serie III	Serie III- Serie IV	Serie II- Serie III	Serie III- Serie IV
Sin cambio	3,342	3,362	1,467	1,445	1,606	1,591
Cultivo	71	35	130	108	103	72
Pastizal	52	25	2	2	19	29
Urbano	-	-	2	3	-	1
Matorral	1	-	-	-	-	-

Para analizar la influencia que una serie de variables a nivel estatal tienen en la probabilidad de que un punto determinado pierda su cobertura forestal original se estimaron 3 modelos probit (uno para cada una de las tres coberturas de interés). Las variables socioeconómicas asociadas a los cambios entre las Series II y III son para el año 1995 mientras que para los cambios entre las Series III y IV las variables socioeconómicas son para el año 2000 a excepción de las remesas que son para el 2003 y el porcentaje de población rural y el índice de marginación que son para 2005.

La Tabla 3 muestra los resultados de las estimaciones para el caso en el que se agrupan los cambios que se dieron tanto entre las Series II y III como entre las Series III y IV. Para distinguir las observaciones de cada periodo se incluyó en la estimación una variable dummy que toma el valor de 1 para las observaciones que se refieren a las Series II y III. El coeficiente de dicha variable es estadísticamente significativo únicamente para el caso de bosque; la probabilidad de que un punto considerado como bosque en la Serie II deje de serlo es 2 puntos porcentuales más alta que la probabilidad de un punto considerado como bosque en la Serie III. La densidad de cobertura a nivel estatal (medida de acuerdo a la cobertura presente en la Serie II o III de acuerdo al periodo de cambio) se incluyó como una variable continua en cada uno de los modelos para controlar por la importancia que la densidad original de cada tipo de cobertura puede tener en la probabilidad de deforestación. La migración tiene un efecto estadísticamente significativo pero muy cercano a cero en la deforestación de los bosques. Los resultados muestran que un punto catalogado como bosque en un estado con alta densidad tiene mayor probabilidad de ser deforestado mientras que un punto catalogado como selva baja tiene menor probabilidad de ser deforestado entre mayor sea la densidad de dicha cobertura en el estado. Por otro lado, a mayor proporción de población rural en el estado menor probabilidad de que deforestación (el coeficiente es estadísticamente diferente de cero para bosques y selvas bajas pero no para selvas).

**TABLA 3**  
**MODELO PROBIT PARA LA PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE COBERTURA**  
**(DATOS AGRUPADOS PARA CAMBIOS ENTRE SERIES II-III Y SERIES III-IV)**

	Bosque	Selva	Selva baja
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	0.002 [0.002]	0.001 [0.001]	0.001 [0.001]
Educación (Proporción alfabetada de la población > 20 años)	-2.983 [2.473]	4.625 [4.691]	-2.783 [2.522]
PIB per cápita (miles pesos)	-0.060 [0.090]	-0.023 [0.159]	0.056 [0.122]
PIB per cápita <sup>2</sup>	0.002 [0.002]	0.000 [0.005]	-0.002 [0.004]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-1.746 [1.745]	-2.448 [4.242]	-0.711 [3.489]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	3.531 [3.831]	4.457 [10.354]	3.272 [7.602]
Migración neta (10,000 de personas)	0.000* [0.000]	-0.000 [0.000]	0.000 [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	0.486 [1.240]	0.652 [1.502]	1.709** [0.782]
Proporción indígena de la población	0.142 [0.725]	-1.416** [0.686]	-1.941*** [0.510]
Proporción de la población rural	-2.221* [1.160]	-0.973 [1.165]	-1.489* [0.852]
Remesas (millones de dólares al año)	-0.000 [0.000]	0.000 [0.000]	-0.000 [0.000]
Índice de marginación	0.087 [0.212]	0.534* [0.301]	0.385** [0.167]
Periodo de cambio (1= cambio entre series II-III)	0.347** [0.151]	0.006 [0.214]	0.156 [0.138]
Densidad de bosque	0.914* [0.509]		
Densidad de selva		-0.227 [0.459]	
Densidad de selva baja			-1.150** [0.545]
Intercepto	1.112 [2.306]	-4.607 [3.795]	0.817 [2.324]
Pseudo R <sup>2</sup>	0.083	0.060	0.079
N	6884	3159	3422

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente  
Error estándar entre corchetes.

Por otro lado, entre más alta es la proporción de la superficie dedicada a cultivos en un estado mayor es la probabilidad de que un punto catalogado como selva baja lo siga siendo en el periodo siguiente. Por último, a mayor proporción indígena en el estado menor probabilidad de que un punto

---

---

considerado como selva o selva baja sea deforestado pero a mayor índice de marginación mayor probabilidad de deforestación de ambos tipos de cobertura.

Tal y como se describió en los mapas (figuras 5 a 7) los patrones espaciales de pérdida de cobertura forestal varían en el tiempo, por lo tanto, además de la estimación con datos agrupados se realizó una estimación de los cambios entre las Series II y III y las Series III y IV por separado. Los resultados de dichas estimaciones se muestran en las Tablas 4 a la 6. El patrón que emerge de los resultados sugiere que la importancia y el efecto de las distintas variables socioeconómicas no se mantuvo constante en el tiempo. Para el caso de bosques el número de usuarios de leña es la única variable que resultó estadísticamente significativa para la transición entre las Series II y III, sin embargo, su efecto en la probabilidad de deforestación es muy cercano a cero. Entre las variables significativas para el cambio entre las Series III y IV destacan el efecto negativo de la superficie con cultivos así como el efecto negativo de la población indígena. La estimación para selvas no arrojó ningún coeficiente estadísticamente significativo para el cambio entre las Series III y IV mientras que los únicos efectos significativos para el cambio entre las Series II y III son el efecto negativo de la población indígena y el efecto en forma de U para la densidad de caminos. El efecto en forma de U es significativo también para la pérdida de selva baja en entre las Series II y III. Esto quiere decir que inicialmente la densidad de caminos disminuye la probabilidad de deforestación (posiblemente al aumentar otras opciones de empleo) pero después de una densidad mínima la probabilidad de deforestación comienza a aumentar (quizá como resultado de mayor integración con mercados externos y por tanto mayor presión sobre el uso del suelo). El efecto de la densidad de caminos en la probabilidad de deforestación parece ser un efecto temporal como lo sugiere el hecho de que deja de ser estadísticamente significativo tanto para selvas como selvas bajas. La migración neta tuvo un efecto negativo en la pérdida de selva baja entre las Series II y III, mientras que a mayor proporción de superficie con cultivos y a mayor recepción de remesas menor pérdida de selva baja.

Por último, las Tablas 7 y 8 presentan los resultados del análisis de transición entre bosque (selva baja) y otras formaciones siguiendo lo realizado por Torres et al. (2008). De acuerdo con los resultados de la Tabla 2 sabemos que únicamente un punto paso de bosque a matorral mientras que ninguno paso a uso urbano. Por lo tanto, las únicas transiciones relevantes son de bosque a bosque, de bosque a cultivo y de bosque a pastizal. La Tabla 7 muestra los resultados tomando como base la transición bosque-bosque. A mayor número de usuarios de leña mayor probabilidad de que un punto pasará de bosque a cultivo (aunque el efecto es muy cercano a cero). La educación y la densidad de caminos reducen la probabilidad de que un punto pasará de bosque a cultivo.

---

**TABLA 4**  
**MODELO PROBIT PARA PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE BOSQUE**

	Serie II-III	Serie III-IV
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	0.006*** [0.002]	0.003 [0.004]
Educación (Proporción alfabetizada de la población > 20 años)	2.736 [4.750]	-23.778** [11.960]
PIB per cápita (miles pesos)	0.049 [0.162]	-0.269 [0.188]
PIB per cápita <sup>2</sup>	0.001 [0.004]	0.005 [0.005]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-3.059 [2.266]	-2.410 [6.962]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	6.917 [4.760]	2.749 [18.581]
Migración neta (10,000 de personas)	-0.007 [0.005]	0.000** [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	2.015 [1.929]	-4.429* [2.662]
Proporción indígena de la población	1.819 [1.137]	-8.072*** [2.983]
Proporción de la población rural	-2.163 [1.941]	-2.161 [2.997]
Remesas (millones de dólares al año)	0.000 [0.001]	-0.001** [0.000]
Índice de marginación	0.426 [0.501]	-0.856 [0.640]
Densidad de bosque	1.008 [0.916]	2.113* [1.233]
Intercepto	-5.288 [4.447]	22.883** [9.931]
Pseudo R <sup>2</sup>	0.117	0.068
N	3465	3419

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Error estándar entre corchetes.

**TABLA 5**  
**MODELO PROBIT PARA PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE SELVA**

	Serie II-III	Serie III-IV
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	-0.002 [0.005]	-0.002 [0.003]
Educación (Proporción alfabetizada de la población > 20 años)	2.306 [13.139]	1.226 [21.664]
PIB per cápita (miles pesos)	-0.020 [0.788]	0.264 [0.702]
PIB per cápita <sup>2</sup>	-0.004 [0.028]	-0.008 [0.024]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-17.967* [9.464]	6.433 [10.927]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	43.618* [23.574]	-18.383 [25.749]
Migración neta (10,000 de personas)	0.077 [0.056]	-0.000 [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	-1.863 [3.209]	2.236 [4.429]
Proporción indígena de la población	-2.375* [1.341]	-1.304 [2.166]
Proporción de la población rural	-1.464 [3.977]	0.816 [3.277]
Remesas (millones de dólares al año)	-0.001 [0.002]	-0.000 [0.000]
Índice de marginación	0.731 [0.806]	0.553 [1.163]
Densidad de bosque	1.504 [1.854]	-0.044 [1.403]
Intercepto	-0.998 [8.047]	-5.075 [15.620]
Pseudo R <sup>2</sup>	0.067	0.065
N	1601	1558

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Error estándar entre corchetes.

**TABLA 6**  
**MODELO PROBIT PARA PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE SELVA BAJA**

	Serie II-III	Serie III-IV
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	0.019*** [0.004]	-0.003 [0.003]
Educación (Proporción alfabetizada de la población > 20 años)	14.538*** [4.864]	11.523 [9.793]
PIB per cápita (miles pesos)	2.048*** [0.445]	-0.336 [0.250]
PIB per cápita <sup>2</sup>	-0.063*** [0.014]	0.010 [0.008]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-16.301** [7.543]	6.282 [6.834]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	36.774** [16.976]	-4.382 [14.439]
Migración neta (10,000 de personas)	-0.152*** [0.033]	-0.000 [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	8.079*** [1.631]	1.518 [1.553]
Proporción indígena de la población	1.110 [1.082]	-0.476 [1.156]
Proporción de la población rural	2.501 [1.741]	-2.355 [1.838]
Remesas (millones de dólares al año)	0.008*** [0.001]	0.001 [0.000]
Índice de marginación	1.887*** [0.434]	1.014** [0.439]
Densidad de bosque	-1.150 [0.807]	-2.706*** [0.973]
Intercepto	-29.890*** [6.359]	-9.712 [8.744]
Pseudo R <sup>2</sup>	0.132	0.097
N	1728	1694

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Error estándar entre corchetes.

**TABLA 7**  
**MODELO LOGIT MULTINOMIAL PARA PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE BOSQUE A OTRAS FORMACIONES**  
**(DATOS AGRUPADOS PARA CAMBIOS ENTRE SERIES II-III Y SERIES III-IV)**

	Cultivo/urbano	Pastizal
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	0.011*** [0.004]	-0.004 [0.008]
Educación (Proporción alfabetizada de la población > 20 años)	-13.279* [8.018]	4.274 [8.810]
PIB per cápita (miles pesos)	-0.095 [0.309]	-0.024 [0.325]
PIB per cápita <sup>2</sup>	0.001 [0.009]	0.005 [0.008]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-9.241* [5.128]	4.269 [6.349]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	16.835 [10.427]	-6.097 [14.216]
Migración neta (10,000 de personas)	0.000 [0.000]	0.000 [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	-0.414 [3.665]	5.192 [5.093]
Proporción indígena de la población	-0.823 [2.024]	4.522 [3.135]
Proporción de la población rural	-5.295 [3.829]	-5.370 [4.658]
Remesas (millones de dólares al año)	-0.001 [0.001]	0.000 [0.001]
Índice de marginación	-0.421 [0.697]	1.437* [0.857]
Periodo de cambio (1= cambio entre series II-III)	1.047 [1.493]	4.277* [2.296]
Densidad de bosque	0.289 [0.523]	1.883*** [0.591]
Intercepto	9.705 [7.182]	-11.449 [8.874]
Pseudo R <sup>2</sup>		0.080
N		6884

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Error estándar entre corchetes.

**TABLA 8**  
**MODELO LOGIT MULTINOMIAL PARA PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE SELVA BAJA A**  
**OTRAS FORMACIONES**  
**(DATOS AGRUPADOS PARA CAMBIOS ENTRE SERIES II-III Y SERIES III-IV)**

	Cultivo	Pastizal
Usuarios de Leña (personas que usan leña para cocinar, 10,000)	0.004 [0.003]	0.009 [0.006]
Educación (Proporción alfabetizada de la población > 20 años)	-8.970 [5.657]	-1.153 [10.546]
PIB per cápita (miles pesos)	0.067 [0.298]	1.027 [0.648]
PIB per cápita <sup>2</sup>	-0.005 [0.010]	-0.029 [0.022]
Densidad de caminos (km/km <sup>2</sup> )	-6.336 [7.655]	-22.991* [12.258]
Densidad de caminos <sup>2</sup>	16.407 [17.033]	66.517** [26.623]
Migración neta (10,000 de personas)	0.000* [0.000]	0.000 [0.000]
Proporción de la superficie con cultivos	0.187 [2.285]	1.674 [4.843]
Proporción indígena de la población	-5.069*** [1.229]	-1.150 [2.672]
Proporción de la población rural	-1.944 [2.013]	5.056 [3.917]
Remesas (millones de dólares al año)	-0.000 [0.000]	0.001** [0.001]
Índice de marginación	0.498 [0.396]	0.743 [0.666]
Periodo de cambio (1= cambio entre series II-III)	-4.331*** [1.385]	-0.313 [2.360]
Densidad de bosque	0.347 [0.333]	1.085* [0.613]
Intercepto	6.370 [5.203]	-13.262 [10.025]
Pseudo R <sup>2</sup>		0.082
N		3420

\*, \*\*, \*\*\* indica que el efecto es estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Error estándar entre corchetes.

Por otro lado, a mayor índice de marginación mayor es la probabilidad de que un punto pase de bosque a pastizal. Dado el muy reducido número de puntos que pasaron de selva a pastizal o uso urbano no es posible hacer el análisis econométrico para dichas transiciones y la única alternativa es el análisis probit que fue discutido anteriormente. Al igual que para el caso de bosque las únicas transiciones relevantes para selva baja son de selva baja a selva baja, de selva baja a cultivo y de selva baja a pastizal. La migración neta

---

---

tiene un efecto positivo muy pequeño en la probabilidad de transición a cultivo mientras que a mayor población indígena menor probabilidad de que la selva baja pase a cultivo. La densidad de caminos tiene una relación de U con la probabilidad de transición de selva baja a pastizal mientras que las remesas aumentan ligeramente la probabilidad de cambio de selva baja a pastizal.

---

---

---

## *Conclusiones*

---

En la sección empírica del presente trabajo se hace un análisis de los determinantes del cambio de uso de suelo, medido mediante cambios en puntos localizados en una malla a 10 km, utilizando información sociodemográfica a nivel estatal. Los resultados son informativos pues muestran que los efectos entre tipo de cobertura forestal (bosque, selva y selva baja) no son homogéneos, que los efectos pueden variar en el tiempo y que algunas variables pueden tener un efecto en la probabilidad de transición a un uso pero no a otro (por ejemplo, una variable puede afectar la probabilidad de transición de bosque a cultivo pero no de bosque a pastizal).

Estos resultados así como los que se reportan en la literatura aquí mencionada ponen de manifiesto que las relaciones causales son complejas y que los efectos que las causas remotas tienen en la deforestación no son necesariamente simétricos en el tiempo. Es decir, el que una acción o política promueva la deforestación el día de hoy no garantiza que si dicha acción o política se anula en el futuro entonces la deforestación se reducirá. Por ejemplo, los incentivos fiscales (digamos los subsidios a la producción ganadera) pueden en un primer momento incentivar a los agentes a modificar sus actividades productivas (por ejemplo, salirse de una zona urbana para convertirse en productores ganaderos). Sin embargo, una vez que los individuos tomaron esa decisión la desaparición de los subsidios puede no ser un motivo suficiente para cambiar nuevamente de actividad por lo cual la presión sobre el bosque puede no disminuir o al menos no tanto como se esperaba.

El análisis aquí realizado podría refinarse utilizando una malla de puntos más densa así como información a nivel municipal para algunas de las variables. Esto podría dar resultados más claros y posiblemente se encontrarían un mayor número de efectos estadísticamente significativos. Sin embargo, aún con esos refinamientos este tipo de análisis tienen una limitante muy importante: los datos socioeconómicos no representan directamente a los tomadores de la decisión de uso de suelo. Idealmente lo deseable es tener variables que capturen tanto las características de los agentes (individuos, hogares, ejidos, etc.) responsables del cambio de uso de suelo como los parámetros de decisión o causas inmediatas así como las causas remotas. Con datos agregados (aún a nivel municipal) no es posible incluir en el análisis empírico muchas de las características de los agentes ni tampoco muchas de las causas inmediatas.

Dado lo anterior, la estrategia más adecuada para comprender de mejor forma los determinantes de la deforestación desde una perspectiva econométrica es utilizar datos a nivel micro que permitan ligar directamente al agente con el uso de su tierra o con el uso de la tierra a la cual tiene

---

---

---

acceso. Estos datos no están disponibles en este momento así que la única alternativa es obtenerlos mediante trabajo de campo. La definición de las comunidades específicas donde dicho trabajo de campo debería realizarse debe ser el resultado de un análisis detallado tanto de los patrones de uso actual como de las circunstancias socioeconómicas en las comunidades potenciales. Sin embargo, los mapas de transición de uso de suelo (figuras 5 a 7) nos dan una idea sobre los estados en donde podría ser interesante explorar con más detalle la dinámica de uso de suelo. En este sentido Oaxaca es un caso de potencial interés pues por un lado se observa una disminución notoria en la pérdida de bosques pero por otro se tiene un aumento en la pérdida tanto de selva como selva baja. Campeche y Chiapas se caracterizan por su alta pérdida de selvas. Chihuahua tiene pérdidas relativamente grandes de bosque mientras que Guerrero presenta pérdidas importantes tanto de bosque como de selva baja.

---

---

---

---

## *Anexos*

---

### Anexo 1 Resultados empíricos sobre el efecto de factores físicos, económicos y sociodemográficos en la deforestación en México

Factores	Dirección del efecto	Fuente
Alianza para el Campo	+	Braña y Martínez (2005)
Calidad del suelo	+	Deininger y Minten (1999)
Comunidad indígena o porcentaje de población indígena	-	Alix-Garcia et al. (2005); Deininger y Minten (1999 y 2002); Muñoz et al. (2003)
Créditos del gobierno	+	Barbier y Burgess (1996); Deininger y Minten (2002)
Densidad de caminos	-	Torres, et al.(2008)
Densidad de población	+	Barbier y Burgess (1996); Barbier (2002); Deininger y Minten (2002)
Distancia al mercado más cercano	-	Deininger y Minten (2002); Muñoz, et al. (2003)
Distribución de la riqueza	-	Torres, et al. (2008)
Distancia entre viviendas y bosque	-	Alix-Garcia (2007);
Ejido o comunidad	+	Torres, et al. (2008)
Ejido	-	Deininger y Minten (2002)
Elevación del terreno	-	Alix-Garcia (2007); Deininger y Minten (1999 y 2002)
Ingreso	+	Barbier y Burgess (1996)
Migración	+	Torres, et al. (2008)

---

Oportunidades	+	Alix-Garcia et al. (2011)
Pendiente del terreno	-	Alix-Garcia (2007); Deininger y Minten (1999 y 2002); Muñoz, et al. (2003)
Porcentaje de campesinos que recibe servicios de extensión	-	Deininger y Minten (1999)
Precio del ganado	+	Barbier y Burgess(1996)
Precio del maíz	+	Barbier y Burgess (1996); Barbier (2002)
Precipitación	+	Deininger y Minten (1999); Torres, et al. (2008)
PROCAMPO	+	Schmook y Vance (2009)
Proporción de población rural	+	Torres, et al. (2008)
Pobreza	+	Deininger y Minten (1999 y 2002), Muñoz et al. (2003)
Rendimiento agrícola	+	Muñoz et al. (2003)
Temperatura	+	Torres, et al. (2008)

Para la construcción de esta tabla se consideraron únicamente los efectos que resultaron estadísticamente significativos en los trabajos de investigación correspondientes.

---

---

## *Bibliografía*

---

- Alix-Garcia, J. (2007), "A spatial analysis of common property deforestation", *Journal of Environmental Economics and Management*, 53:141-157.
- Alix-Garcia, J., De Janvry, A., y Sadoulet, E. (2005), "A Tale of Two Communities: Explaining Deforestation in Mexico", *World Development*, 33(2): 219-235.
- Alix-Garcia, J., McIntosh, C., Sims, K., y Welch, J. (2011) "Ecological Footprint of Poverty Alleviation: Evidence from Mexico's Oportunidades Program", Working paper.
- Angelsen, A. (2007), "Forest Cover Change in Space and Time: Combining the von Thünen and Forest Transition Theories", *World Bank Policy Research Working Paper* 4117.
- Angelsen, A. (2009), *Realising REDD+. National strategy and policy options*, CIFOR, Bogor.
- Angelsen, A y Kaimowitz, D. (1999), "Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models", *The World Bank Research Observer*, 14(1):73-98.
- Barbier, E. (2002), "Institutional Constraints and Deforestation: An Application to Mexico", *Economic Inquiry*, 40 (3): 508-519.
- Barbier, E., y Burgess, J. (1996), "Economic analysis of deforestation in Mexico", *Environmental and Development Economics*, (1):203-239.
- Benjamin, D. (1992), "Household composition, labor markets, and labor demand: Testing for separation in agricultural household models", *Econometrica*, 60 (2): 287-322.
- Braña, J. y Martínez, A. (2005), "El PROCEDA y su impacto en la toma de decisiones sobre los recursos de uso común", *Gaceta Ecológica*, 75:35-49.
- Bray, D., Duran, E., Merino, L., Torres, J., y Velázquez, A. (2007), *Nueva evidencia: Los bosques comunitarios de México protegen el ambiente, disminuyen la pobreza y promueven la paz social*. CCMSS.
- Bray, D., Duran, E., Ramos, V., Mas, J.F., Velázquez, A., McNab, R., Barry, D., y Radachowsky, J. (2008), "Tropical Deforestation, Community Forests and Protected Areas in the Maya Forest", *Ecology and Society*, 13(2).
- Contreras-Hermosilla, A. (2000), "The Underlying Causes of Forest Decline", Occasional paper 30. CIFOR, Bogor.
- Chomitz, K., y Gray, D. (1996), "Roads, Land Use, and Deforestation: A Spatial Model Applied to Belize", *The World Bank Economic Review*, 10(3): 487-512.
- de Janvry, A., Fafchamps, M., and Sadoulet, E. (1991), "Peasant household behaviour with missing markets: Some paradoxes explained", *The Economic Journal*, 101, 1400-1417.
- de Janvry, A., and Sadoulet, E. (2006), "Progress in the modeling of rural households' behavior under market failures", In A. de Janvry and R. Kanbur (Eds.) *Poverty, Inequality and Development. Essays in Honor of Erik Thorbecke*. New York: Springer.
- Deininger, K., y Minten, B. (1999), "Poverty, Policies and Deforestation: The case of Mexico", *Economic Development and Cultural Change*, 47(2): 313-344.
-

- 
- 
- Deininger, K., y Minten, B. (2002), "Determinants of Deforestation and the Economics of Protection: an application to Mexico", *American Journal of Agricultural Economics*, 84(4):943-960.
- Dyer, G., Boucher, S., y Taylor, J. E. (2006), "Subsistence response to market shocks", *American Journal of Agricultural Economics*, 88(2): 279-291.
- FAO. (2005), *Global Forest Resources Assessment 2005. Progress Towards Sustainable Forest Management*, FAO Forestry Paper 147. FAO, Roma.
- Geist, H., y Lambin, E. (2002), "Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation", *BioScience*, 52(2):143-150.
- Godoy, R., O'Neill, K., Groff, S., Kostishack, P., Cubas, A., Demmer, J., McSweeney, K., Overman, J., Wilkie, D., Brokaw, N. y Martinez, M. (1997), "Household Determinants of Deforestation by Amerindians in Honduras", *World Development*, 25:977-987.
- Kaimowitz, D. (2002), "Amazon Deforestation Revisited", *Latin American Research Review*, 37(2):221-235.
- Kaimowitz, D. (2008), "The prospects for Reduced Emissions from Deforestation and Degradation (REDD) in Mesoamerica", *International Forestry Review*, 10(3): 485-495.
- Kaimowitz, D., Byron, N., y Sunderlin, W. (2005), "Public Policies to Reduce Inappropriate Tropical Deforestation", En: Sayer, J. (ed.) *The Earthscan Reader in Forestry and Development*. Earthscan, Londres.
- Kanninen, M., Murdiyarto, D., Seymour, F., Angelsen, A., Wunder, S., y German, L. (2007), *Do trees grow on money? The implications of deforestation research for policies to promote REDD*, CIFOR, Jakarta.
- Muñoz, C., Alarcón, G., y Fernández, J.C. (2003), "Pixel Patterns of Deforestation in Mexico 1993-2000", INE Working Paper Series, INE-0401.
- Porter-Bolland, L., Ellis, E., Guariguata, M., Ruiz-Mallén, I., Negrete-Yankelevich, S., y Reyes-García, V. (2011), "Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics", *Forest Ecology and Management*.
- Repetto, R. 1993, "Government policies, economics and the forest sector", En: Ramakrishna, K. and Woodwell, G. (eds.) *World forests for the future*. Yale University Press, New Haven.
- Singh, I., Squire, L., y Strauss, J. (1985), *Agricultural Household Models: Extensions, Applications and Policy*, Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Schmook, B., y Vance, C. (2009), "Agricultural Policy, Market Barriers, and Deforestation: The Case of Mexico's Southern Yucatán", *World Development*, 37(5):1015-1025.
- Torres, J., Magaña, O., y Moreno, F. (2008), "Determinantes del cambio de uso/cobertura arbolada en México: un enfoque a través de probabilidades de transición", CIDE, Documento de Trabajo 450.
- Zwane, A. (2007), "Does poverty constrain deforestation? Econometric evidence from Peru", *Journal of Development Economics*, 84:330-349.
-