

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

## **CAMBIO DE USO DE SUELO: UN ESTUDIO ACERCA DE LA INCIDENCIA DE PROCEDE EN LA TOMA DE DECISIONES DEL USO COMÚN**

**Versión preliminar (11/V/04)**

Adán L. Martínez Cruz  
Josefina Braña Varela

### **Introducción**

A pesar de su gran importancia como país megadiverso, México ha perdido cerca del 50% de su cobertura forestal durante los últimos veinte años, según estimaciones recientes. De hecho, contamos con la segunda tasa de deforestación más alta en Latinoamérica y nos encontramos dentro de los diez países que sufren más agudamente de este problema a nivel mundial.

Las causas subyacentes de la deforestación son diversas y difieren de un autor a otro según el enfoque del estudio. Por ejemplo, de manera general se mencionan como fuerzas detrás de los procesos de deforestación al crecimiento de la población, los cambios hacia sistemas productivos comerciales, el desarrollo de infraestructura, los incentivos gubernamentales mal dirigidos y la indefinición de los derechos de propiedad o sistemas inseguros de tenencia de la tierra y de los recursos forestales, entre otros (INE, 1995). Este trabajo se centra precisamente en los dos últimos factores señalados: los incentivos gubernamentales y la tenencia de la tierra.

Aproximadamente el 25% del total de la superficie mexicana está cubierta por bosques; el 80% de estos se encuentran en manos de ejidos y comunidades. Sin embargo, a partir de la modificación al artículo 27 Constitucional (1991) y de la creación del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE), la propiedad privada en México aumentó cerca del 12% debido al cambio en el régimen de propiedad que han sufrido los ejidos y comunidades ( ). Aunque teóricamente la seguridad de la tierra se asocia por lo general con una menor probabilidad de deforestación, este trabajo pretende demostrar que para el caso de México, el PROCEDE contribuyó a incrementar la probabilidad de deforestación de los terrenos forestales, bajo ciertas condiciones que explicaremos más adelante.

El Programa de Certificación de Derechos y Titulación de Solares surge en 1993 con el objetivo de *dar certidumbre jurídica a la tenencia de la tierra a través de la entrega de*

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

*certificados parcelarios y/o certificados de derechos de uso común, o ambos según sea el caso, así como de los títulos de solares en favor de los individuos con derechos que integran los núcleos agrarios que así lo aprueben y soliciten* (DOF, 1993). En otras palabras, PROCEDE realiza el reconocimiento legal del parcelamiento económico o de las divisiones territoriales establecidas internamente en los ejidos o comunidades, legitimadas por la asamblea general. El Programa sigue dos procesos. En primer lugar, realiza la medición general del ejido o comunidad, rectificando las colindancias y levantando un mapa del núcleo agrario. Posteriormente, lleva a cabo la medición hacia el interior del núcleo; es decir, mide las parcelas respetando la división interna del ejido o comunidad y entrega certificados individuales de derechos sobre las mismas. Los ejidatarios o comuneros deciden a través de una votación en la Asamblea General si quieren participar o no en el Programa y si quieren únicamente la medición general o también la interna.

De acuerdo con el estudio “Causas Económicas e Incidencia del Comercio Internacional en la Deforestación en México” (CESPEDES, CEMDA 2003), a pesar de que existe la prohibición de parcelar las áreas forestales, en la práctica los ejecutores del Programa realizan la división de bosques y selvas de manera que pasan a ser parte de parcelas individuales. El estudio menciona que aunque se supone que PROCEDE debe apearse a los lineamientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el proceso de elección de las zonas forestales que son sujetas de privatización, en la práctica este proceso se está realizando sin asesoría alguna ya que las personas que llevan a cabo las mediciones consideran la intervención de dicha dependencia como un obstáculo. Por otro lado, este mismo estudio señala que dado que la legislación no permite que las tierras forestales sean parceladas o vendidas, se presenta un problema de *riesgo moral* entre los ejidatarios dado que se les presentan fuertes incentivos para cambiar el uso del suelo forestal hacia otros usos como la ganadería o la agricultura, sin otro propósito que el de retener en propiedad privada tanta tierra como les sea posible, bajo el esquema de PROCEDE.

Nuestro estudio surge a partir de la argumentación del estudio realizado por CESPEDES y CEMDA, en torno a que PROCEDE constituye un incentivo a la deforestación en núcleos agrarios, dada la prohibición de parcelar bosques o selvas (Ley Agraria, 1992).

Aunque no existe mucha investigación relativa al impacto estadístico que PROCEDE ha tenido en la tasa de deforestación, principalmente debido a limitaciones de información y documentación de los casos, este trabajo busca determinar la incidencia de PROCEDE en el cambio de la tasa de deforestación de nuestro país, así como analizar los procesos hacia el

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

interior de los ejidos y comunidades que pudieron impactar en la decisión de llevar a cabo el cambio de uso de suelo de sus bosques, a partir de una base de datos que nos permitirá realizar un análisis a nivel de ejido o comunidad. Proponemos que un núcleo agrario con suficiente capacidad de organización, pocos miembros, pocos no miembros (poseionarios y vecindados), suficientemente alejado de centros comerciales y con escasas posibilidades de trabajo, una vez que recibe información sobre PROCEDE, tiene incentivos a deforestar.

A partir de ese planteamiento, la metodología econométrica nos permite calcular el efecto que en la tasa de deforestación ha tenido la interacción entre PROCEDE y las otras variables. Para ello, recurrimos a una base de datos construida a partir de la aplicación de una encuesta a 450 núcleos agrarios forestales, realizada en el verano del 2002.

De probar nuestra hipótesis derivaría una labor importante en la investigación, análisis y diseño de las políticas públicas que logran modificar la problemática actual o que ayudaran a contrarrestar los efectos negativos que PROCEDE ejerce sobre el medio ambiente. Si bien nuestro estudio se centra en un programa gubernamental específico, pretendemos que las conclusiones que se deriven de él sean generalizables en el ámbito de implementación de políticas públicas.

## **Metodología**

El método que se eligió para corroborar nuestras hipótesis es el econométrico. La ventaja de este método es que recurre a datos cuantitativos, lo cual permite un análisis que supera el ámbito cualitativo.

Las estimaciones econométricas se basan en el cálculo de covarianzas o correlaciones parciales entre la variable (que se supone) dependiente y las variables (que se suponen) independientes. Nótese que este método estadístico permite obtener conclusiones siempre que subyace una teoría de comportamiento detrás de las estimaciones econométricas. Es decir, las covarianzas resultantes no son útiles *per se*; es preciso que se interpreten con base en un modelo teórico que postule ciertos resultados, los cuales se pueden comprobar mediante la estimación empírica que permite la econometría. Por ello, en la siguiente sección se describe el modelo de comportamiento que proponemos explica las decisiones económicas de los usuarios de los bosques.

El objetivo principal de la investigación es determinar el impacto de PROCEDE en el grado de deforestación a nivel ejidal, para lo cual es necesario modelar la deforestación en términos de un mayor número de variables (independientes). De tal manera que agrupamos

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

las variables independientes relevantes en tres grupos: institucionales, socioeconómicas y geofísicas. En una sección posterior las detallamos.

Existen una amplia gama de modelos econométricos que pueden ser utilizados para este tipo de análisis. Todos ellos presentan ventajas y desventajas dependiendo del tipo de datos con que se cuente. Para nuestros fines hemos elegido un modelo probabilístico, el Probit.

Básicamente, el modelo Probit estima el cambio en la probabilidad de la ocurrencia de un evento, en nuestro caso la deforestación dentro de un ejido, a partir de un cambio en una variable que se haya postulado como independiente, suponiendo que todas las demás variables explicativas se mantienen constantes. Por ejemplo, una covarianza positiva entre el evento deforestación y la variable población ejidal, se interpreta como un incremento en la probabilidad de deforestación como consecuencia del incremento de la población ejidal, suponiendo que el resto de las variables no han cambiado.

Como ya se mencionó, antes de realizar cualquier estimación econométrica se requiere de fundamentos teóricos que intenten explicar el comportamiento de los agentes económicos. La siguiente sección detalla el modelo que suponemos explica las decisiones de los ejidatarios.

### **Modelo**

El modelo más utilizado en el modelamiento de las decisiones de uso de suelo es el denominado “modelo de renta de la tierra” (Nelson y Hellerstein 1997; Chomitz y Gray 1996). El modelo se basa en la premisa de que cualquier parcela/terreno dado puede estar dedicado a un número de usos que compiten entre sí, cada uno de los cuales permite que el dueño del terreno gane cierta renta. Ésta depende de las características del terreno en cuestión. Los dueños de la tierra la destinan al uso que les genere rentas más altas. De manera más formal, la renta que un agente recibe por dedicar su terreno  $i$  para un uso de suelo  $k$  está dado por:

$$R_{ik} = P_{ik} Q_{ik} - C_{ik} X_{ik} \quad (1)$$

donde  $R$  es la renta,  $P$  es el precio unitario que recibe el dueño por su producción,  $Q$  es la cantidad producida,  $C$  es el precio de los insumos,  $X$  es la cantidad de insumos, y

$$Q_{ik} = S_{ik} X_{ik}^{\beta} \quad \text{con } 0 < \beta_k < 1. \quad (2)$$

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

Así, la producción de la parcela/terreno  $i$  está determinada por una función de producción Cobb-Douglas, en donde  $S$  es un parámetro que cambia para cada terreno específico. Este parámetro puede ser expresado como un producto de las variables geofísicas y agronómicas,  $S_i$ , relacionadas con, por ejemplo, tipo de suelo, pendiente y tamaño de la terreno. Las ecuaciones (1) y (2) implican una demanda por  $X$  que resulta de la maximización de la renta que realiza cada propietario.

$$X_{ik} = \left( \frac{C_{ik}}{P_{ik} S_{ik} \beta_{ik}} \right)^{\left( \frac{1}{\beta - 1} \right)} \quad (3)$$

Además, suponemos que los precios y los costos se comportan de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$P_{ik} = \exp(\gamma_{0k} + \gamma_{ik} Z_{ik}) \quad (4)$$

$$C_{ik} = \exp(\delta_{0k} + \delta_{ik} Z_{ik}) \quad (5)$$

donde  $Z$  es un vector de variables que determinan la ubicación de los terrenos. Por ejemplo, la distancia a los mercados. Sustituyendo las ecuaciones (3), (4) y (5) en la ecuación (1), calculando logaritmos, simplificando y añadiendo un término de error estocástico, tenemos:

$$\ln R_{ik} = \alpha_{ik} + \chi V + u_{ik} \quad (6)$$

donde  $V$  es un vector de parámetros y  $\chi$  es un vector de variables específicas a cada terreno asociado con  $Z$  y  $S$ .

Se asume que cada terreno está dedicado al uso de suelo que les genera una mayor renta a los propietarios. Empíricamente, se distingue entre dos usos de suelo: la permanencia de la cobertura forestal (deforestación =  $k = 0$ ), y agricultura y aprovechamiento de madera, el cual requiere el aclareo o desmonte (deforestación =  $k = 1$ ). Así, si definimos

$$R_i^* = \ln R_{i1} - \ln R_{i0} \quad (7)$$

Entonces la parcela  $i$  será desmontada si  $R_i^* > 0$  y permanecerá arbolada de otra forma. Sustituyendo la ecuación (6) en la ecuación (7), tenemos

$$R_i^* = \gamma_i - \psi W + u_i \quad (8)$$

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

donde  $W$  es un vector de parámetros y  $\psi$  es un vector de variables relacionadas con las características del terreno asociadas con  $Z$  y con  $S$ . Aunque  $R_i^*$  es latente e inadvertida, observamos una variable indicadora,  $L_i$ , tal que

$$L_i = 1 \text{ si } R_i^* > 0$$

$$L_i = 0 \text{ si } R_i^* \leq 0$$

Utilizando esta variable dicotómica dependiente, la ecuación (8) puede ser estimada como un modelo probit o un logit.

### **Datos**

Hasta ahora el mayor grado de desagregación de los datos con que se ha modelado la deforestación en México es el píxel. Sin embargo, un elemento innovador en este estudio es el uso de una base de datos obtenida mediante una encuesta que se realizó a 450 núcleos agrarios forestales (ENNAF) durante el verano del 2002. En esta encuesta se enfatizó en preguntas que reflejaran la capacidad de organización o el carácter institucional de las reglas de convivencia.

Además, se obtuvieron variables de carácter geofísico que se consideran potenciales parámetros de la función de producción. La principal fuente de información para este tipo de variables fueron los Inventarios Forestales de los años 1993 y 2000, realizados por el Instituto de Geografía. Para el cálculo de variables tales como la pendiente y cierto índice de rugosidad se requiere de modelos digitales de elevación. Adelante se detallan algunas complicaciones que se han presentado en la obtención de ciertas variables.

La tabla 1 muestra información descriptiva de las variables que se utilizan para el cálculo de los resultados preliminares que aquí presentamos. Estas variables se clasifican de la siguiente manera: cobertura forestal, institucionales, geofísicas y socioeconómicas.

Para el caso de las variables geofísicas aún no contamos con estadística descriptiva. La principal razón del retraso en la obtención de este tipo de variables es que para el cálculo de pendiente y el índice de rugosidad es preciso el uso de modelos digitales de elevación (MDE), instrumentos que en los que aún nos estamos entrenando. La importancia de estas variables nos motiva a estudiar los fundamentos de los MDE, sus ventajas y limitaciones con la finalidad de realizar interpretaciones adecuadas de nuestros resultados.

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

A partir de la base de datos inconclusa, presentamos algunos resultados preliminares en la siguiente sección.

### Resultados preliminares

Con los datos obtenidos hasta el momento, se ha estimado el siguiente modelo:

$$P(def = 1) = \beta_1 + \beta_2(marginación) + \beta_3(población) + \beta_4(indígena) + \varepsilon$$

Los resultados de esta estimación se muestran a continuación:

Variable	Efecto	Prueba t
<i>constante</i>	-0.5**	-2.08
<i>marginación</i>	0.72*	3.53
<i>población</i>	0.00006*	3.62
<i>indígena</i>	-0.13**	-2.5

\* significativa al 1%; \*\* significativa al 5%

### Conclusiones preliminares

Como se puede apreciar, las variables institucionales no aparecen en los resultados preliminares. Al incluirlas en las regresiones, su significancia no fue la requerida. Esto puede deberse a dos razones. La primera, que no impactan las decisiones de uso de suelo. La segunda, que la variable que intenta reflejar nivel de organización (número de asambleas anuales) no es una buena aproximación.

Las variables socioeconómicas sí han resultado significativas y con los signos esperados, salvo la variable *indígena*. El resultado de esta variable es muy interesante pues se puede interpretar de la siguiente manera: ante un incremento en la proporción de población indígena a nivel ejidal, se disminuye la probabilidad de deforestación. Esta conclusión es contraria a lo encontrado en estudios previos. Es decir, generalmente se encuentra que la condición de indígena, por ser una situación altamente correlacionada con una mayor marginación, está asociada a una mayor tasa de deforestación. Sin embargo, nuestros resultados son contrarios.

Además, es interesante notar que la variable *marginación* está asociada positivamente con la deforestación. Es decir, a mayor nivel de marginación, mayor probabilidad de deforestación. Este resultado es similar a lo obtenido en estudios previos, pero considerando la correlación positiva que se supone con la condición de ser indígena, son contradictorios con los resultados descritos en el anterior párrafo.

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

Finalmente, la variable *población* se asocia positivamente con la deforestación, lo cual resulta intuitivo, pues a mayor número de personas mayor presión sobre los recursos naturales. Nótese que el efecto es pequeño (0.00006). Vale la pena aclarar que este efecto es la presión que un nuevo habitante ejerce sobre los recursos forestales. Es decir, si en algún año cualquiera hay 50 nuevos habitantes (avecindados, por ejemplo), esa probabilidad se debe multiplicar por 50, obteniéndose un valor de 0.003, el cual se podría interpretar de la siguiente forma: ante un aumento de 50 personas la probabilidad de mayor deforestación se incrementa en 0.003%.



Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas en los resultados preliminar

Variable	Descripción	Unidades	Medias (desviación estándar)		
			Muestra	Con PROCEDE	Sin PROCEDE
<b>Cobertura</b>					
<i>Def</i>	¿deforestación?	(0/1)	0.65 (0.48)	0.63 (0.48)	0.68 (0.46)
<b>Institucionales</b>					
<i>Procede</i>	¿PROCEDE?	(0/1)	0.72 (0.44)		
<i>Asambleas</i>	# de asambleas anuales		8.9 (7.62)	8 (4.9)	11.16 (11.6)
<b>Socioeconómicas</b>					
<i>Marginacion</i>	Grado de marginación ejidal		4.2 (1.07)	4.09 (1.08)	4.41 (1.07)
<i>Población</i>	Población ejidal		1028 (2035)	1210 (2356)	656 (956)
<i>Indígena</i>	% población indígena en el ejido	(%)	0.25 (0.4)	0.19 (0.37)	0.41 (0.44)
<b>Geofísicas</b>					
Altitud	Altitud				
Pendiente	Pendiente				
Rugosidad	Grado de rugosidad del terreno ejidal				

Versión preliminar, NO CITAR. Para mayor información contactar a los autores:  
[jbrana@ine.gob.mx](mailto:jbrana@ine.gob.mx), [almartin@ine.gob.mx](mailto:almartin@ine.gob.mx)

## Referencias

- Chomitz, K., D. Gray (1996), "Roads, land use, and deforestation: spatial model applied to Belize", *World Bank Economic Review* 10(3): 487-512.
- Nelson, G.C., D.Hellerstein (1997), "Do roads cause deforestation? Using satellite images in econometric analysis of land use", *American Journal of Agricultural Economics* 79(1): 80-88.
- Instituto Nacional de Ecología (1995), "Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en la zona Tzeltal y Tojolabal en el estado de Chiapas", *Cuaderno de trabajo 4*, México.
- Reglamento de la Ley Agraria en materia de certificación de derechos ejidales y titulación de solares. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1993.
- Gibson, Clark C., Margaret A. MacKean y Elinor Ostrom (2000), edit, *People and Forests: communities, institutions, and Governance*, MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- CESPEDES, CEMDA (2002). *Causas Económicas e Incidencia del Comercio Internacional en la Deforestación en México*. México, DF.