

# Un análisis de multi-nivel de población y deforestación en El Parque Nacional Sierra de Lacandón, Petén, Guatemala<sup>1</sup>

Draft of Paper accepted with revisions at  
*Documetns d'Anàlisi Geogràfica*

David L. Carr  
Felipe Murtinho  
*Department of Geography, University of California, Santa Barbara, EEUU*

William KY Pan  
*Department of Biostatistics, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, EEUU*

Richard E. Bilborrow  
Chirayath Suchindran  
Thomas M. Whitmore  
*Carolina Population Center, University of North Carolina, EEUU*

## Resumen

Este estudio examina los factores demográficos asociados con la deforestación en el Parque Nacional Sierra de Lacandón (PNSL), Guatemala utilizando un análisis de regresión de multi-nivel. Existe una preocupación por la continua expansión de la frontera agrícola en el Parque. Más del 10% del PNSL ha sido deforestado desde mediados de los ochenta por el crecimiento demográfico de campesinos agrícolas y su subsiguiente manejo de la tierra. Aprovechando de un análisis de regresión múltiple de dos niveles, este estudio examina datos demográficos y otras características de los hogares para explicar variaciones en la tierra descombrada entre 246 fincas agrícolas en ocho comunidades en el PNSL. Novedosa en el estudio de uso del suelo en los trópicos, la metodología toma en cuenta la variación espacial entre comunidades como también entre hogares. Para controlar la variación espacial, se puede derivar resultados más correctos sobre los efectos de características demográficas en el uso de la tierra y la deforestación por parte de los migrantes colonos en el PNSL. Y por usar modelos de multi-nivel se puede llegar a resultados mejores sobre los impactos de los factores tanto a nivel de comunidad como a nivel de hogar sobre la deforestación, con implicaciones más fidedignas para políticas de desarrollo.

## Introducción

Las consecuencias perjudiciales de la deforestación en los trópicos son múltiples. La eliminación de los bosques en las latitudes tropicales ha ocasionado la erosión de

---

<sup>1</sup> Estamos agradecidos a las siguientes fuentes de apoyo para esta investigación: el Institute of Latin American Studies de la Universidad de Carolina de Norte, el Carolina Population Center, la Mellon Foundation, el Social Science Research Council y The Nature Conservancy.

suelos, la sedimentación de redes fluviales, y la perturbación de ciclos de nutrientes, empobreciendo la capacidad regenerativa de los bosques y los suelos agrícolas (Weischet and Caviedes, 1993). La deforestación también amenaza con exacerbar la desertificación, a contribuir al calentamiento global - lastimando irreparablemente el banco genético mundial (Wilson, 1992), y a desencadenar virus infecciosos entre los asentamientos humanos (Weil, 1981).

Los últimos años han visto un crecimiento en la popularidad del tema población-medio ambiente entre académicos representando la gama de las ciencias sociales y físicas. Las consecuencias de la deforestación han llamado la atención de científicos y políticos ya que se cree que la destrucción de la inmensa biodiversidad y fuente de secuestro de carbono que son los bosques tropicales puede perturbar al clima global y estorbar avances en agricultura y medicina. (Adger and Brown, 1995; Myers, 1988).

Factores demográficos siempre interactúan con variables socio-económicas, políticos, y ecológicos (Houghton 1994; Geist and Lambdin 2001). Sin embargo, varios estudios han identificado al crecimiento demográfico como uno de los factores principales relacionados con la deforestación en los trópicos (Allen and Barnes 1985; Mather and Needle 2000). Se estima que los pequeños agricultores en las fronteras agrícolas representan la causa principal de la deforestación tropical en el planeta (Myers 1993; Houghton 1994). Este es el caso particularmente en América Latina donde la gran mayoría de la conversión de bosques primarios ocurre entre pequeños agricultores a lo largo de las franjas boscosas.

Las fronteras agrícolas de los trópicos son los lugares donde los cambios demográficos y ambientales y las interacciones entre ellos son lo mas dramáticos y dinámicos. Sin embargo, a pesar de un creciente número de estudios sobre cambios de uso del suelo en áreas fronterizas y un nuevo énfasis en la composición demográfica de los hogares rurales en estas áreas, pocas variables han sido probadas en semejante contexto.

Este estudio examina potenciales conexiones entre población y deforestación en el Parque nacional Sierra de Lacandón en la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), Guatemala (Mapa 1). Comenzamos con una revisión de la literatura sobre uso de la tierra entre pequeños campesinos en las fronteras agrícolas en América latina que han incluido a variables demográficas. Después introducimos el lugar del estudio, el PNSL y las comunidades fronterizas de ello. La siguiente sección presenta la metodología del estudio, incluyendo el diseño del muestreo y los propuestos análisis. Los resultados incluirán una breve descripción de características de los hogares en el muestreo, un análisis descriptivo de los datos demográficos del muestreo, y un análisis de dos variables entre variables demográficas y bosque despejado en las fincas. Los resultados concluirán con una comparación entre un modelo de regresión simple con un modelo de dos niveles con las variables demográficas y bosque despejado en la finca para determinar las relativas contribuciones de las variables demográficas en el contexto de diferencias a nivel de comunidad medidas en el modelo de dos niveles.



Fig. 1 Guatemala y el Parque Nacional Sierra de Lacandón  
Fuente: The Nature Conservancy and David Carr

### **Deforestación en los trópicos: Impactos y causas**

Varias variables han sido examinadas con relación a la deforestación en las fronteras agrícolas tropicales. Entre las más estudiadas se incluyen: la integración económica (Sierra 2000; Cortina Villar et al. 2001); la tenencia territorial (Southgate 1990); la calidad del suelo (Hecht 1985; Moran, Brondizio et al. 1994) y características socio-económicas como, por ejemplo, el nivel de educación del jefe de hogar (e.g., Moran 1984; Godoy, Groff et al. 1998), y las estructuras políticas y económicas (Stonich 1993) y el crecimiento del ganado (Walker, Moran et al. 2000). A pesar de un cierto nivel de acuerdo sobre los determinantes de la expansión agrícola en fronteras boscosas y la reconocida importancia de factores demográficos, pocos estudios han examinado sistemáticamente una amplia gama de factores demográficos asociados con el uso del suelo entre campesinos fronterizos. Además, la literatura sobre uso del suelo es casi desprovista de ejemplos de estudios que han medido estadísticamente los potenciales efectos de factores contextuales a nivel de comunidad.

Aunque la mayoría del crecimiento poblacional de las fronteras agrícolas viene de la inmigración, los colonos migrantes suelen tener una tasa de fecundidad mucho más alta que en otras áreas (e.g., Weil 1981; Rundquist and Brown 1989; Murphy, Marquette et al. 1999). Además de tener pésimo acceso a los anticonceptivos. Este fenómeno

resulta de la poca demanda por los mismos ya que los niños pueden ayudar en trabajar la tierra y mejorar la producción de la finca (Caldwell and Caldwell 1987) y pueden ofrecer seguridad a los padres cuando sean ancianos (Stokes 1984).

La fecundidad ha sido vinculada con la deforestación en las fronteras donde las familias más grandes están asociadas con una demanda por comida para el hogar y de mano de obra para aumentar la producción. Tamaño de la familia ha sido vinculado estadísticamente con deforestación en Costa Rica (Rosero-Bixby and Palloni 1998), la Amazonia Ecuatoriana (Rudel and Horowitz 1993; Pichón 1997) y el Petén de Guatemala's (Carr, 2002). Parece que esta relación se mantiene mas fuerte cuando los hogares están cultivando mayoritariamente cosechas para el consumo domestico. Cuando, a medida de que la producción se dirija al mercado y que haya una adopción de ganado, la relación se mengua ya que ambas inversiones suben la intensidad de capital y no necesariamente de mano de obra.

Un tema de reciente interés en la literatura es el potencial efecto del ciclo demográfico y composición del hogar sobre el uso del suelo. Con la evolución del hogar viene una diversificación en el portafolio de inversiones en la tierra, tanto intensivas como extensivas (Perz 2001; Brondizio, McCracken et al. 2002; McCracken, Siqueira et al. 2002; Walker, Perz et al. 2002). La madurez de los niños aporta más mano de obra a la finca que permite la intensificación. Y si los campesinos que permanecen en el lugar acumulan capital, pueden aguantar el tiempo e invertir en perennes que duran anos en madurar. Contrariamente, pueden también invertir en ganado que tendría el efecto opuesto sobre la cobertura boscosa en la finca. Y este ultimo puede ser atractivo en las ultimas etapas del ciclo del hogar cuando los hijos llegan a ser adultos y salen del hogar (Perz 2001; Brondizio, McCracken et al. 2002; McCracken, Siqueira et al. 2002; Walker, Perz et al. 2002).

Como se menciona arriba, son pocos los estudios sobre uso del suelo en las fronteras agrícolas que han incorporado una variedad de factores demográficos. Y estos estudios han analizado los efectos de tan solo unas pocas variables. Estos estudios tampoco han tomado en consideración los efectos contextuales de diferencias entre comunidades en los muestreos. Nuestra metodología representa un comienzo de rectificar estas deficiencias.

## **Metodología**

Se realizó un estudio de campo sobre la colonización del PNSL y la siguiente deforestación a nivel de comunidad como de hogar entre febrero y julio de 1998. Se entrevistaron líderes comunitarios tales como alcaldes auxiliares, miembros de comités, promotores de salud, y maestros en las veinte ocho comunidades en el área de influencia del parque para explorar factores comunitarios y estructurales relacionados a población y uso de la tierra (tales como la presencia de ONGs u OGs, la estructura política de la comunidad, la cantidad de tierra disponible en el área, el medio de vender los productos agrícolas, y los regímenes territoriales y regulaciones de manejo comunitarios). De estas comunidades se realizó un muestreo de 241 hogares escogidos aleatoriamente en 8 comunidades. Estas encuestas recabaron información sobre la migración, la fecundidad, y el uso del suelo.

Los datos de hogar son analizados con un enfoque en los factores demográficos que pueden incidir en la deforestación a nivel de hogar. Las variables incluyen el

tamaño del hogar, y el número de hijos. También incluye la densidad demográfica a nivel de finca. Se observa mucha referencia a los estudios de Ester Boserup en la literatura sobre población y medio ambiente pero esta variable clave a sus teorías es casi inexistente en estudios empíricos a nivel de hogar aunque se ha implementado a nivel de nación. La densidad demográfica a nivel de hogar se construye con el número de personas del hogar en el numerador y el tamaño en hectáreas de la finca en el denominador. Esperamos que los hogares más densos demográficamente descombraran menos bosque ya que hay mas elasticidad en el denominador (tamaño de la finca) que en el numerador (tamaño del hogar) – aunque los hogares más densos probablemente despejaran un porcentaje más grande de su parcela. Generamos una variable de densidad de hogar cuadrada también para probar posibles relaciones no lineales.

Incluimos a dos variables de edad, una del jefe del hogar, la otra de su esposa. La primera sirve como un indicador de la etapa en el ciclo familiar que se encuentra la familia (asumiendo que la mayoría de los jefes de hogar se casaron con su actual esposa cuando eran jóvenes – por ejemplo entre los 18 y 28 años). La segunda indica el potencial de futuros partos. Esperamos que los hogares más avanzados en su ciclo demográfico hayan descombrado más bosque en la finca.

Analizamos dos variables relacionadas a los hijos. La primera es el número de hijos. La segunda es un cociente de productores relativo a consumidores, llamado cociente de dependencia de niños, que mide la cantidad de niños de 0 a 14 dividida por personas entre 15 y 64. Esta variable intenta medir la influencia de la relativa producción y consumo del hogar. Anticipamos que, en esta región de amplio bosque pero poca mano de obra y donde el acceso al mercado es penoso, los factores de producción tendrán mas efecto sobre la deforestación que la demanda para el consumo.

Examinamos cinco variables relacionadas al género. Las primeras tres capturan el lado productivo de productos agrícolas en la finca. La variable hombres adultos representa todos los hombres en el hogar de doce años o más. El cociente de hombres adultos es el número de hombres adultos relativo a la población del hogar. Finalmente, el cociente de género de adultos es el número de adultos relativo a niños en la casa. Dos cocientes miden el papel de la mujer como potenciales productores de hijos. La primera, el de mujeres adultas, mide el número de mujeres de doce años o mas en la casa. La segunda es el cociente de genero que mide la cantidad de hombres relativo a mujeres. Anticipamos que más hombres en el hogar se traducirán a más deforestación, ya que son los hombres que trabajan más en la agricultura. Estas hipótesis son preliminares, debido a que aparte de tamaño del hogar y edad del jefe del hogar apenas aparecen en la literatura sobre el tema.

Por ultimo, examinamos una variable asociada con la migración, duración de residencia en años en la finca (definida como una variable bivariada: los que llevan más tiempo que el promedio, siete años, y los que llevan menos que el promedio), y una variable que captura potenciales efectos menguantes sobre la población y por ende la disponibilidad de labor en la finca, trabajo fuera de la finca. Anticipamos que la primera será asociada con mas tierra descombrada, ya que la evolución del hogar es de despejar bosque sobre el tiempo. Esperamos una relación negativa entre la segunda y la deforestación puesto que el trabajo fuera de la finca de miembros del hogar quita mano de obra que se podría aplicar a la propia finca.

En la siguiente sección presentamos datos sobre las características demográficas de los hogares en el muestreo. Usamos un simple análisis de dos variables entre factores demográficos y el bosque despejado en las fincas para explorar potenciales variables para incluir en un modelo de regresión. Las variables escogidas se incluyen en un modelo de regresión simple que se compara con un modelo de regresión de dos niveles con un control de factores a nivel de comunidad que podría explicar parte del residuo no explicado por las variables demográficas a nivel de hogar. El modelo de dos niveles se expresa abajo con una forma reducida:

Presentamos la estructura del modelo con un término de intercept, una variable independiente a nivel de hogar ( $X_{ij}$ ), y una variable a nivel de comunidad ( $W_j$ ). Los modelos de estimación para los modelos de uno y dos niveles toman la siguiente forma (Raudenbush and Bryk 2002; Goldstein 2003):

$$\begin{aligned} \text{Nivel 1: } Y_{ij} &= \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + r_{ij} & \text{Nivel 2: } \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j} \\ & & \beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j} \end{aligned}$$

donde  $Y$  representa las variables dependientes,  $\beta$  e  $\gamma$  representan los parámetros desconocidos a los niveles 1 (hogar) y 2 (comunidad),  $\gamma_{00}$  e  $\gamma_{10}$  son efectos a nivel de hogar e  $\gamma_{01}$  e  $\gamma_{11}$  son efectos a nivel de comunidad,  $W$  es una variable de segundo (comunidad) nivel, la cual incide en las pendientes y los intercepts para cada comunidad, y  $r$  y  $u$  son términos de error aleatorio para los niveles de hogar y comunidad respectivamente. El subíndice  $i$  es un índice de hogares individuales; el subíndice  $j$  es un índice de comunidades.

El modelo aquí presentado toma la forma siguiente:

$$Y_{ij} = \beta_{0ij}x_0 + \beta_{1j}x1_{ij} + \beta_2x2_{ij} + \beta_3x3_{ij} + \beta_4x4_{ij} + \beta_5x5_{ij} + \beta_6x6_{ij} + \beta_7x7_{ij} + \beta_8x8_j$$

$$\beta_{0ij} = \beta_0 + u_{0j} + e_{0ij}$$

$$\beta_{1j} = \beta_1 + u_{1j}$$

donde  $Y$  representa hectáreas de bosque deforestado,  $\beta_{0ij}$  representa el intercept, variante a ambos niveles ( $i$  y  $j$ ), y  $\beta_{1j}x1_{ij}$  define la densidad poblacional del hogar, cuya pendiente se modela aleatoriamente a nivel de comunidad.  $\beta_2x2_{ij}$  a  $\beta_7x7_{ij}$  son las estimaciones fijas de las coeficientes.  $\beta_8x8_j$  representa la población de cada comunidad, la cual, como se indica por el subíndice  $j$ , varía solamente a nivel de comunidad.

Los valores de los parámetros fueron estimados con bootstrapping, con el cual, la estimación de variabilidad en el muestreo se estima a través de la observación de frecuentes iteraciones. Este proceso corrige el sesgo que se origina de las violaciones de tamaño mínimo de la muestra a segundo nivel (Van der Leeden, Busing et al. 1997).

## **El lugar del estudio: El Parque Nacional Sierra de Lacandón**

El PNSL se estableció en 1990 como zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM). El PNSL forma el único puente biológico entre las áreas protegidas de Chiapas, Petén y Belice. Este complejo ecológico conocido como la Selva Maya constituye el bosque tropical más grande de Centroamérica (Morales Barbosa, 1995). Abarcando 2,029 km.<sup>2</sup>, el PNSL es el segundo parque nacional más grande de Guatemala en mayor área de zona núcleo (APESA, 1993). También aporta la mayor diversidad biológica de la RBM (TNC, 1997).

Despoblado y salvaje por completo hasta mediados de los 1980s, con la construcción de una carretera para explorar petróleo, llegó una oleada de pequeños colonos agrícolas que han llegado al parque desde mediados de los años 1980. En total, la población de las comunidades en el área de influencia del parque ha llegado a aproximadamente 20,401 personas (Carr, 2001). Este crecimiento poblacional ha tenido un impacto directo sobre la conversión de los bosques por fines agrícolas a nivel del parque observado claramente por imágenes de satélite. Desde principios de los 1990, se ha destruido un 10% del bosque Lacandón (Sader, Martínez et al. 2000).

Pero la decisión de migrar al parque, de tener una cierta cantidad de hijos, y de manejar la tierra de cierta forma se toma a nivel de hogar. La mayoría de los campesinos cultivan maíz y frijol. Tan solo 10% en el muestreo reportó tener por lo menos una hectárea dedicada enteramente a otro cultivo además del maíz y el frijol. La finca promedio es de 34 hectáreas, con cinco en may, siete en barbecho o descanso, y una pequeña porción en otros usos. Menos de un cuarto del muestreo tiene ganado. Con la mayoría de las fincas cubiertas aun en bosque, existe mucha potencial por seguir deforestando no solo en nuevas fincas formadas más adentro del parque sino también en las fincas existentes. En este estudio examinamos cuan importante son los factores demográficos sobre la deforestación a nivel de hogar.

## **Resultados**

### ***Resultados descriptivos***

Tabla 1 demuestra relaciones bivariadas entre variables demográficas y hectáreas de bosque descombradas a nivel de finca. Todas las variables demográficas menos dos fueron significativas a nivel .001 en la dirección esperada. Solo los cocientes de dependencia y de género no fueron significativos. Tamaño del hogar y cantidad de hijos fueron relacionados con más deforestación en la finca. Sin embargo, ya que las fincas de mas alta densidad suelen ser las mas pequeñas, densidad del hogar fue asociada con menos bosque descombrado. Edad del jefe del hogar y de la esposa como también la cantidad de hombres en el hogar sobre doce años fueron asociados positivamente con la deforestación. El no ser significativo el cociente de dependencia junto con el hallazgo significativo de la variable de hombres de doce años o más sugiere que la deforestación tiene más que ver por la mano de obra disponible que por la demanda de granos básicos para el consumo del hogar. Una variable de migración, duración en la finca fue, asociada positivamente con la deforestación. Por ultimo, el tener un miembro o más de la familia que trabaja fuera de la finca disminuye la labor disponible para trabajar en la finca lo que reduce la deforestación.

**Tabla 1. Regresión de dos variables: factores demográficos y deforestación**

<u>Variables independientes</u>	<u>Tierra deforestada</u>		
	Esperado	Valor-t	Sig.
<u>Tamaño y densidad</u>			
Tamaño del hogar	+	4.6	***0.00
Densidad del hogar	-	-6.30	***0.00
Densidad del hogar <sup>2</sup>	-	-3.20	***0.00
Familia nuclear (no extendida)	-	0.13	0.91
<u>Edad</u>			
Edad de jefe de hogar	+	4.5	***0.00
Edad de esposa	+	4.1	***0.00
<u>Hijos</u>			
Numero de hijos	+	4.8	***0.00
Razón de dependencia infantil	-	-1.5	0.15
<u>Genero</u>			
Hombres adultos	+	3.9	***0.00
Razón de masculinidad adulta	+	-1.1	0.25
Razón de feminidad adulta	+	3.5	***0.00
Razón de género	+	0.7	0.48
Razón de género de adultos		1.1	0.28
<u>Migración</u>			
Duración en la finca	+	3.8	***0.00
<u>Disponibilidad de mano de obra familiar</u>			
Trabajo fuera de la finca	-	-2.9	***0.00

Valores P:

\*\*\*< or = .01

### *Modelos estadísticos*

#### **Un nivel**

Tabla 2 demuestra los resultados de un modelo de múltiples variables con todas las variables demográficas halladas significativas de forma de dos variables arriba. Como es de esperar, los residuos de muchos de estos variables se solapan y se quedan solo los con más poder previsible tenga. Densidad del hogar permanece por lo menos dos veces más importante que cualquier otra variable demográfica con un valor de t de -5.8. Edad de la esposa ya no es significativa y se observa que edad del jefe de hogar es el factor de edad clave en el análisis. El cociente de dependencia fue significativamente y

negativamente asociado con hectáreas de bosque descombradas en la finca. Esto sugiere que los factores de producción son más importantes que los factores de consumo en este contexto de amplia tierra pero poca mano de obra. Como en las relaciones de dos variables, duración en la finca fue asociada positivamente con la deforestación y el tener un miembro o más de la familia que trabaja fuera de la finca fue negativamente asociada con la deforestación.

**Tabla 2. Regresión multivariable de factores demográficos y deforestación**

<u>Variables independientes</u>	<u>Tierra deforestada</u>			
	B	B estandarizada	Valor-t	Sig.
(Constant)	5.93		0.73	0.47
<u>Tamaño y densidad</u>				
Tamaño del hogar	-0.06	-0.01	-0.04	0.97
Densidad del hogar	-9.63	-0.77	-7.14	***0.00
Densidad del hogar <sup>2</sup>	1.33	0.49	4.64	***0.00
Familia nuclear (no extendida)	-0.04	0.00	-0.01	0.99
<u>Edad</u>				
Edad de jefe de hogar	0.28	0.29	2.76	***0.00
Edad de esposa	-0.15	-0.14	-1.23	0.22
<u>Hijos</u>				
Numero de hijos	1.43	0.33	0.90	0.37
Razón de dependencia infantil	-2.39	-0.17	-1.76	*0.08
<u>Genero</u>				
Hombres adultos	0.71	0.08	0.63	0.53
Razón de masculinidad adulta	-8.38	-0.16	-1.60	0.11
Razón de feminidad adulta	-1.07	-0.14	-1.19	0.24
Razón de género	-0.22	-0.01	-0.15	0.88
Razón de género de adultos	-0.63	-0.05	-0.71	0.48
<u>Migración</u>				
Duración en la finca	3.27	0.13	2.28	**0.024
<u>Disponibilidad de mano de obra familiar</u>				
Trabajo fuera de la finca	-2.61	-0.10	-1.87	*0.063
Valores P:		***< or = .01	**< or = .05	*< or = .10
R <sup>2</sup>	0.36			

Tabla 3 presenta el modelo reducido a nivel de hogar. Las variables significativas en el primer modelo se quedaron e incluimos también hombres de edad productiva relativa a toda la población del hogar ya que esta casi fue significativa en el primer modelo. Densidad del hogar y densidad del hogar<sup>2</sup> se mantuvieron significadas aun cuando ambas permanecieron en el modelo. Esto sugiere que la relación entre densidad de población y deforestación no es lineal y que la inclusión de ambas variables mejora la explicación de la relación.

Un hallazgo inesperado aparentemente inconsistente con la relación entre cociente de dependencia y deforestación es la relación negativa entre hombres de edad productiva relativa a la población del hogar con la deforestación. Para la mayoría de los hogares cuyo uso del suelo principal es maíz es probable que esta relación sería lo opuesto de lo observado aquí. Sin embargo, el cuarto del muestreo con ganado suele ser de familias más viejas con pocos hijos viviendo en la finca y estos han deforestado mucho más bosque que los hogares sin ganado. La falta de labor en las familias mayores por la salida del hogar de los hijos puede incentivar la adopción del ganado como también el hecho de tener tierra relativamente gastada ya que su duración en la finca tiende a ser mayor que las familias más jóvenes. Con el incremento en el significado de esta variable dejó de ser significativo el cociente de dependencia. Las otras variables permanecieron significativas y en la misma dirección que en el modelo uno.

**Tabla 3. Factores demograficos y tierra deforestada: Modelo 2**

	B	B estandarizada	Valor-t	Sig.
(Constant)	4.94		1.15	0.25
Densidad del hogar <sup>^</sup>	-9.39	-0.74	-7.15	***0.00
Densidad del hogar <sup>2</sup>	1.26	0.46	4.45	***0.00
Edad de jefe de hogar	0.25	0.27	4.89	***0.00
Razón de dependencia infantil	-1.46	-0.10	-1.28	0.20
Razón de masculinidad adulta	-10.28	-0.21	-2.77	***0.00
Duración en la finca	3.71	0.15	2.67	***0.00
Trabajo fuera de la finca	-3.12	-0.12	-2.26	**0.025
Valores P:		***< or = .01	**< or = .05	*< or = .10
R <sup>2</sup>	0.34			

### Dos niveles

Las variables del modelo a nivel de hogar fueron incluidas en un modelo con un intercept aleatorio de dos niveles (véase Tabla 4). La Variación en los intercepts a nivel de comunidad se observa en la figura 2. La prueba de las probabilidades de log entre los dos modelos indica que la inclusión del intercept a nivel de comunidad mejora el modelo. La variable demográfica con mayor poder estadístico en los modelos anteriores, densidad del hogar, fue probada por pendientes aleatorias a nivel de comunidad. Como se observa en la figura 3, el significado estadístico de la variación en las pendientes es evidente.

Una variable a nivel de comunidad, población total de las comunidades, fue incluida en el modelo y fue significativamente relacionada con la deforestación a nivel de hogar y mejoró el ajuste del modelo. Es decir, aunque tamaño del hogar no fue significativamente relacionado con la deforestación a nivel de hogar, cantidad de personas a nivel de comunidad sí lo fue. Además, duración en la finca dejó de ser significativo en el modelo de dos niveles. Estos cambios al modelo sugiere la importancia de medir relaciones demográficas a diferentes escalas. También sugiere que hay otros factores importantes que la demografía no alcanza explicar.

**Tabla 4. Modelo de dos niveles: factores demográficos y deforestación**

	<b>B</b>	<b>SE</b>	<b>Valor-t</b>	<b>Sig.</b>
constant	6.6	3.9	1.69	0.09
<b>Densidad del hogar<sup>^</sup></b>	<b>-9.9</b>	<b>1.4</b>	<b>-7.07</b>	<b>***0.00</b>
<b>Densidad del hogar<sup>2</sup></b>	<b>1.4</b>	<b>0.23</b>	<b>6.09</b>	<b>***0.00</b>
<b>Edad de jefe de hogar</b>	<b>0.22</b>	<b>0.048</b>	<b>4.50</b>	<b>***0.00</b>
<b>Razón de dependencia infantil</b>	<b>-1.72</b>	<b>1.07</b>	<b>-1.61</b>	<b>0.11</b>
<b>Razón de masculinidad adulta</b>	<b>-9.10</b>	<b>3.40</b>	<b>-2.68</b>	<b>***0.01</b>
<b>Duración en la finca</b>	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>	<b>1.46</b>	<b>0.15</b>
<b>Trabajo fuera de la finca</b>	<b>-4.20</b>	<b>1.30</b>	<b>-3.23</b>	<b>***0.00</b>
<b>Población a nivel de comunidad</b>	<b>3.70</b>	<b>1.30</b>	<b>2.85</b>	<b>***0.00</b>

log lk. 1802 (diferencia de 20 del modelo de un nivel) **\*\*\*0.00**

\*log lk. (diferencia de 15 del modelo con un slope al azar para densidad del hogar) **\*\*\*0.00**

^pendiente al azar

**Valores P:**

**\*\*\*< or = .01**

### **Dos niveles y factores múltiples**

El último modelo (Tabla 5) incluye agrupaciones de variables probadas en estudios anteriores (Carr 2002, 2005; Sutherland et al 2004). Con la inclusión de factores socio-económicos y geográficas, las únicas variables demográficas que permanecen significantes son tamaño del hogar y año de migración. Como se observa, varios otros factores inciden en el uso de la tierra de los colonos a la frontera de la Reserva de la Biosfera Maya. Anticipamos, como se ha reportado en muchas investigaciones (Geist y Lambin 2001), que las variables de población actúan a través de otros factores como también independientemente de ellos tanto en este estudio como en otros parecidos. El conocer a fondo el lugar de estudio es imprescindible para interpretar la relativa importancia de cada factor.

**Tabla 5. Modelo de dos niveles: factores múltiples y deforestación**

<u>Variables independientes</u>	<u>Tierra deforestada</u>	
	Nivel 1	Nivel 2
<u><i>Factores demográficos</i></u>	***0.00	***0.00
Tamaño del hogar		
año de migración		
<u><i>Factores socio-económicos</i></u>	***0.00	***0.00
Sin título de propiedad		
Nivel de educación		
Alquila tierra		
Trabaja fuera de la finca		
<u><i>Factores geográficas</i></u>	***0.00	***0.00
Tamaño de la finca		
Distancia de la finca a la carretera		

Valores P: \*\*\*< or = .01

### Conclusión

Examinamos factores demográficos asociados con la deforestación en el Parque Nacional Sierra de Lacandón (PNSL), Guatemala utilizando un análisis de regresión de multi-nivel. Este análisis demuestra la importancia de variables demográficas en explicar la deforestación a nivel de hogar en una frontera agrícola en los trópicos de Centroamérica. El modelo de regresión múltiple a nivel de hogar explicó 30% de la variación en la deforestación solamente con variables demográficas a nivel de hogar. Siguiendo las teorías de Boserup, densidad del hogar fue el factor más importante. Este análisis también muestra la importancia de tomar en cuenta escala en un análisis de relaciones entre población y medio ambiente. El contextualizar los factores demográficos con variación a nivel de comunidad indica la importancia de diferencias a nivel de comunidad que necesitan ser exploradas en investigaciones futuras. El modelo de multi nivel capturo más de la variación en los residuos que el modelo de un nivel. Se determinó que las comunidades variaron las unas de las otras en cuanto a sus intercepts. También se halló que las pendientes de la variable más importante del análisis, densidad del hogar también varió entre comunidades. Población de las comunidades fue significativamente y positivamente relacionada con la deforestación a nivel de hogar.

Es de notar que cantidad de personas a nivel de comunidad fue significativamente relacionado con la deforestación mientras tamaño del hogar a nivel de hogar no demostró relación alguna. Además, duración en la finca dejó de ser significativo en el modelo de dos niveles, indicando que hay otras diferencias a nivel de comunidad que son más importantes en el análisis que duración a nivel de hogar. Los cambios efectuados en el

modelo de dos niveles sobre la relación de duración en la finca y sobre la importancia de población a nivel de comunidad sugieren la importancia de tomar en cuenta como factores en una escala pueden incidir en factores a otra escala.

Si bien la migración y la fecundidad son factores demográficos que inciden en la deforestación en el PNSL, los factores sociales, económicos, y geográficos también son importantes. Otros estudios investigando los efectos de la población sobre el medio ambiente tienen que tomar en cuenta la gran gama de factores que pueden incidir en los desenlaces ambientales tanto la deforestación como otros procesos de degradación ambiental.

Investigaciones futuras examinarán los factores demográficos a varias escalas sobre los usos del suelo que componen la tierra descombrada. Futuros análisis también pueden examinar otros desenlaces demográficos y económicos que pueden resultar de variación en factores demográficos como son la migración, la fecundidad, la intensificación agrícola y la búsqueda de empleo fuera de la finca. Eventualmente estos modelos intuirán no solo factores demográficos sino también variables socio-económicas, políticas, y ecológicas. Sin embargo, para evaluar el papel que desempeña las variables demográficas hay que comenzar con un análisis de ellas primero.

Dada la preocupación por la continua deforestación tanto en el PNSL como en otras áreas protegidas en Centroamérica y en otras fronteras agrícolas en los trópicos, el análisis de factores demográficos que son tan dinámicos en estas regiones periféricas como también el análisis explícito de múltiples niveles puede ayudar a científicos a entender mejor las relaciones población-medio ambiente. A su vez, resultados más precisos pueden ser más útiles a informar potenciales intervenciones políticas para frenar la deforestación y mejorar el estándar de vida de colonos en fronteras agrícolas a traves de América Central y otros países trópicos que sufren altas tasas de deforestación en sus franjas boscosas por campesinos colonos.

## Bibliografía

- Allen, J. and D. Barnes (1985). The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the Association of American Geographers* 75(2): 163-184.
- Brondizio, E., S. McCracken, E. Moran, A. Siqueira, D. Nelson and C. Rodriguez-Pedraza (2002). The Colonist Footprint: Toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian Frontier. In *Deforestation and land use in the Amazon*. Ed. C. H. Wood and R. Porro, Gainesville, FL, University Press of Florida.
- Caldwell, J. C. and P. Caldwell (1987). The cultural context of high fertility in sub-Saharan Africa. *Population and Development Review* 13(3): 409-437.
- Carr, D. L. (2003). Migración rural-rural y deforestación en Guatemala: Método de Entrevistas. 10 *Tiempos de America: Revista de Historia, Cultura y Territorio*. Centro de Investigaciones de America Latina (CIAL), Universitat Jaume I. Pp. 19-27.
- Carr, D.L. (2005 ). Population, land use, and deforestation in the Sierra de Lacandón National Park, Petén, Guatemala. *The Professional Geographer*. 57(2): 157-168.
- Geist, H. J. and E. F. Lambdin (2001). What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence. Louvain-la-Neuve, Belgium, LUCC International Project Office: 116.
- Godoy, R., S. Groff and K. O' Neill (1998). The Role of Education in Neotropical Deforestation: Household Evidence from Amerindians in Honduras. *Human Ecology* 26(4): 649-675.
- Goldstein, H. (2003). *Multilevel Statistical Models*. New York, Halstead Press.
- Hecht, S. (1985). Deforestation in the Amazon Basin: Magnitude, Dynamics, and Soil Resource Effects. *Studies in Third World Societies* 13: 61-100.
- Houghton, R. A. (1994). Land-Use Change and Tropical Forests. *BioScience* May, 44: 305-31.
- Mather, A. S. and C. L. Needle (2000). The relationships of population and forest trends. *Geographical Journal* 166(1): 2-13.
- McCracken, S., A. Siqueira, E. Moran and E. Brondizio (2002). Land use patterns on an agricultural frontier in Brazil: Insights and examples from a demographic perspective. In *The Colonist Footprint: Toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian Frontier*. Ed. C. H. Wood and R. Porro, Gainesville, FL, University Press of Florida.
- Moran, E. (1984). Colonization in Transamazonia and Rondonia. In *Frontier Expansion in Amazonia*. Ed. Schmink and Woods, Gainesville, FL, University of Florida Press.
- Moran, E., E. Brondizio, P. Mausel and Y. Wu (1994). Integrating Amazonian Vegetation, Land-Use, and Satellite Data. *BioScience* 44(5): 329-338.
- Murphy, L. L., C. Marquette, F. J. Pichón and R. Bilsborrow (1999). Land use, household composition, and economic status of settlers in Ecuador's Amazon: A review and synthesis of research findings, 1990-1999. University of Florida, Center for Latin

- American Studies 48th Annual Conference: "Patterns and Processes of Land Use and Forest Change in the Amazon," March 23-26, 1999, Gainesville, FL.
- Myers, N. (1993). Tropical Forests: The Main Deforestation Fronts. *Environmental Conservation* 20(1): 9-16.
- Perz, S. G. (2001). Household demographic factors as life cycle determinants of land use in the Amazon. *Population Research and Policy Review* 20(3): 159-186.
- Pichón, F. J. (1997). Colonist land-allocation decisions, land use, and deforestation in the Ecuadorian Amazon frontier. *Economic Development and Cultural Change*: 707-744.
- Raudenbush, S. W. and A. S. Bryk (2002). *Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods*. Thousand Oaks, CA, Sage.
- Rosero-Bixby, L. and A. Palloni (1998). Population and deforestation in Costa Rica. *Population and Environment* 20(2): 149-78.
- Rudel, T. and B. Horowitz (1993). *Tropical deforestation: Small farmers and land clearing in the Ecuadorian Amazon*. New York, Colombia University Press.
- Rundquist, F. M. and L. A. Brown (1989). Migrant fertility differentials in Ecuador. *Geografiska Annaler, Series B* 71(2): 109-123.
- Sader, S. A., E. B. Martinez, D. E. Irwin and H. T. Yax (2000). Estimación de la deforestación en la Reserva de la Biosfera Maya, 1997-1999. In *Nuevas Perspectivas de Desarrollo Sostenible en Petén*. Ed. Guatemala, Guatemala, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO): 321-324.
- Southgate, D. (1990). The Causes of Land Degradation along "Spontaneously" Expanding Agricultural Frontiers in the Third World. *Land Economics* 66(1).
- Sutherland, E, D.L. Carr, and S. Curtis (2004). Fertility and the environment in a natural resource dependent economy: Evidence from Petén, Guatemala. *Población y Salud en Mesoamérica*.. 2(1): 1-12.
- Stokes, C. S. (1984). Access to land and fertility in developing countries. In *Rural Development and Human Fertility*. Ed. W. A. Schutjer and S. Stokes, New York, Macmillan: 195-215.
- Stonich, S. (1993). *I am Destroying the Land!: The Political Ecology of Poverty and Environmental Destruction in Honduras*. Boulder, Co, Westview Press.
- Van der Leeden, R., F. Busing and E. Meijer (1997). Applications of Bootstrap Methods for Two-Level Models. Multilevel Conference, Amsterdam, April 1-2, 1997.
- Walker, R., E. Moran and L. Anselin (2000). Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: External capital and household processes. *World Development* 28(4): 683-699.
- Walker, R., S. Perz, M. Caldas and L. G. Teixeira Silva (2002). Land use and land cover change in forest frontiers: The role of household life cycles. *International Regional Science Review* 25(2): 169-199.
- Weil, C. (1981). Health problems associated with agricultural colonization in Latin America. *Social Science & Medicine* 15D: 449-461.

## Anexo

Figura 1. Variabilidad en deforestación por comunidad

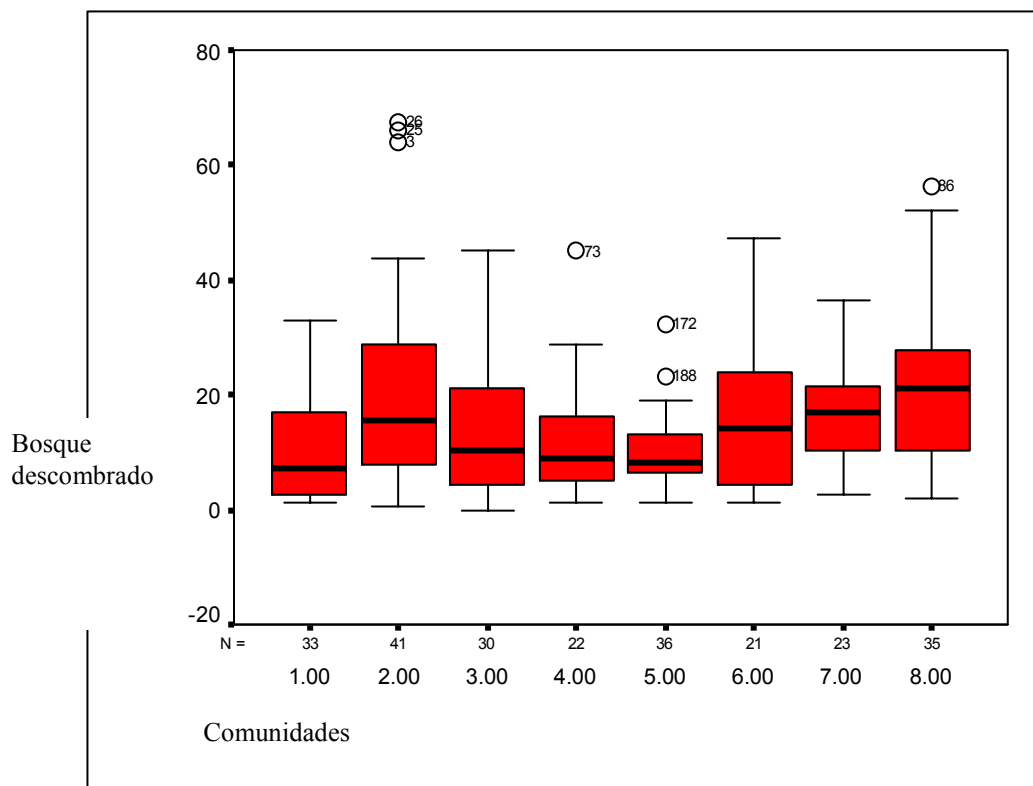


Figura 2. Densidad del hogar y deforestación con intercepts aleatorias.

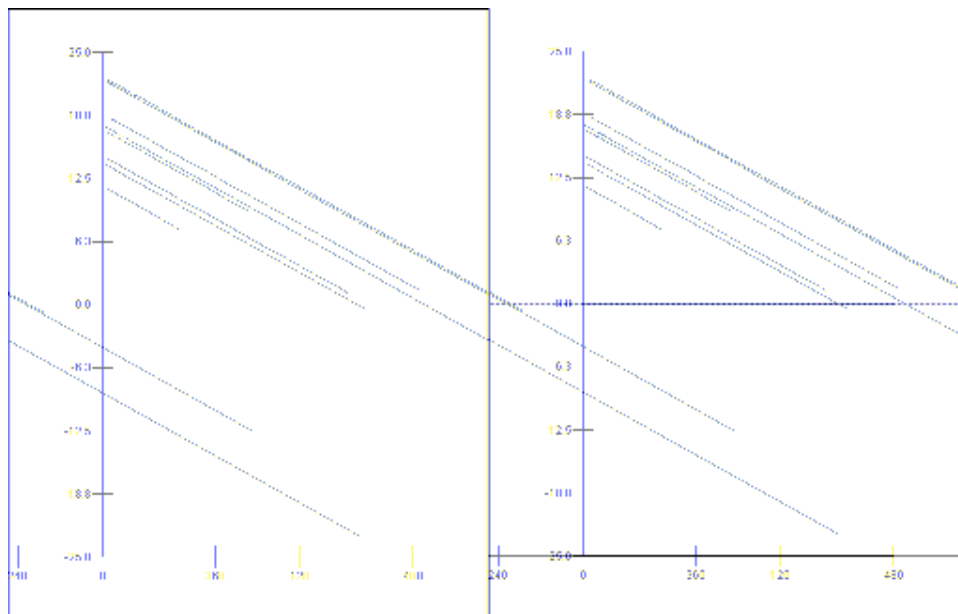


Figura 3. Densidad del hogar y deforestación con intercepts y pendientes aleatorias.

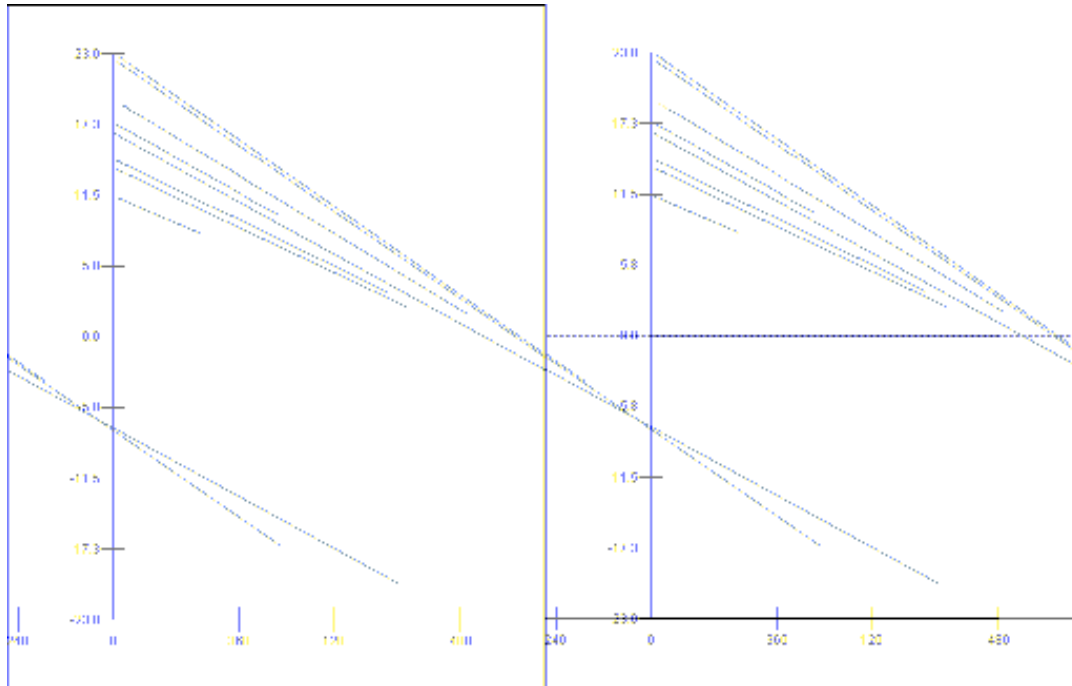


Figura 4. Densidad del hogar y densidad del hogar<sup>2</sup> y deforestación con intercepts y pendientes aleatorias.

