

Un análisis de multi-nivel de población y deforestación en El Parque Nacional Sierra de Lacandón, Petén, Guatemala¹

David L. Carr
William Pan
Richard Bilsborrow
Chirayath Suchindran

Universidad de Carolina del Norte
Carolina Population Center

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 un análisis de regresión múltiple de dos niveles, este estudio examina datos demográficos de los hogares para explicar variaciones en la tierra deforestada entre 241 fincas agrícolas en ocho comunidades en el PNSL. Novedosa en el estudio de uso del suelo en los trópicos, semejante metodología toma en cuenta la variación espacial entre comunidades como también entre hogares. Al controlar así por la variación espacial, se puede derivar resultados más correctos sobre los efectos de características demográficas con respecto al uso de la tierra y la deforestación por parte de los migrantes colonos en el PNSL.

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 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).

¹ Agradezco las siguientes fuentes de apoyo a esta investigación: Institute of Latin American Studies de la Universidad de Carolina de Norte, El Carolina Population Center, El Mellon Foundation, El Social Science Research Council y The Nature Conservancy.

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 la agricultura y la medicina. (Adger and Brown, 1995; Myers, 1988).

VARIABLES demográficas siempre interactúan con factores socio-económicos, 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 lugares donde los cambios demográficos y ambientales y las interacciones entre ellos son de los más dramáticos y dinámicos del mundo. 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, pocos estudios han probado una amplia variedad de variables demográficas en semejante contexto.

Este estudio examina posibles 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 sus comunidades fronterizas. La siguiente sección presenta la metodología del estudio, incluyendo el diseño de la muestra y los análisis. Los resultados incluirán una breve descripción de características de los hogares del estudio, un análisis descriptivo de los datos demográficos, y un análisis de dos variables entre factores demográficos y bosque despejado a nivel de hogar. Se concluye la sección de los resultados con una comparación entre un modelo de regresión simple con un modelo de dos niveles con las variables demográficas y hectáreas de bosque deforestado. También se investigarán 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 construcción de carreteras y 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), 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 completa serie de factores demográficos asociados con el uso del suelo entre campesinos fronterizos. Además, la literatura sobre uso del suelo permanece casi vacía en cuanto a ejemplos de estudios que han medido estadísticamente los posibles efectos de factores contextuales a nivel de comunidad.

Aunque la mayoría del crecimiento poblacional en las fronteras agrícolas proviene de la inmigración, los colonos migrantes suelen tener una tasa de fecundidad mucha mas alta que en otras áreas (e.g., Weil 1981; Rundquist and Brown 1989;

Murphy, Marquette et al. 1999). Además de tener pobre acceso a los anticonceptivos, este fenómeno resulta también 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 asociado 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 (Carr, 2002). Parece que esta relación se mantiene más fuerte cuando los hogares están cultivando mayoritariamente cosechas para el consumo doméstico. Sin embargo, a medida de que la producción se dirige al mercado y que haya una adopción de ganado la relación se atenúa 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 unos años de reducidos ingresos a cambio al invertir en perennes que duran años en madurar. Contrariamente, pueden también invertir en ganado que tendría el efecto opuesto sobre la cobertura boscosa en la finca. Este último puede ser atractivo en las últimas 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 mencionó arriba, son pocos los estudios sobre uso del suelo en las fronteras agrícolas que han incorporado una variedad de factores demográficos. A la fecha, estudios sobre el tema 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 las muestras. Nuestra metodología representa un comienzo en 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 28 comunidades en el área de influencia del Parque para explorar los 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 una muestra estadísticamente representativa de 241 hogares en 8 comunidades. Las encuestas a nivel de hogar 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 tamaño del hogar, y número de hijos. También incluye densidad demográfica a nivel de finca. Se observa mucha referencia a los estudios de Esther 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. Densidad demográfica a nivel de hogar se construye por el tamaño del hogar en el numerador y el tamaño en hectáreas de la finca en el denominador. Esperamos que los hogares más densos demográficamente descombraron 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 despejaron un porcentaje mas 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 han descombrado más bosque en la finca.

Analizamos dos variables relacionadas a los hijos. La primera es el número de hijos. La segunda es una razón de productores relativo a consumidores, llamada razón de dependencia, 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 costoso, los factores de producción tendrán mas efecto sobre la deforestación que la demanda para consumir.

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. Razón de masculinidad adulta es el número de hombres adultos relativo a la población del hogar. Finalmente, razón de género de adultos es el número de hombres mayores a 12 años relativo a mujeres 12 años o mayor. Dos razones miden el papel de la mujer como fuentes de la fecundidad del hogar. La primera, la razón de feminidad adulta, mide el número de mujeres de doce años o más en la casa. La segunda es la razón de género 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 en la agricultura. Estas hipótesis son preliminares ya 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 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 atenuantes sobre población y por ende 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 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 la muestra. Usamos un análisis de dos variables entre factores demográficos y bosque despejado en las fincas para explorar potenciales variables para seleccionar para un modelo de regresión. Las variables escogidas se incluyen en un simple modelo de regresión múltiple que se compara luego con un modelo de regresión múltiple de dos niveles con un control de factores a nivel de comunidad que pueden capturar algunos de los residuos no explicados por las variables demográficas a nivel de hogar. El modelo de dos niveles se expresa abajo con una forma reducida:

Para simplificar el modelo, demostramos su estructura con un término de intercepto, una variable de nivel de hogar (X_{ij}), y una variable a nivel de comunidad (W_j); una extensión a más variables independientes es conceptualmente sencillo. Los modelos de estimación para los modelos de uno y dos niveles toman la siguiente forma (Raudenbush and Bryk 2002; Goldstein 2003):

$$\text{Nivel 1: } Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + e_{oij} \qquad \text{Nivel 2: } \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}$$

donde Y representa la variable dependiente (tierra deforestada), β y γ representan los parámetros desconocidos de nivel uno (hogar) y nivel dos (comunidad), W es una variable de nivel dos (comunidad) que incide en los interceptos y pendientes en cada comunidad, r y u son términos aleatorios para los niveles de hogar y comunidad respectivamente. El subcripto i representa a hogares individuales; el subcripto j representa a comunidades. El modelo aquí presentado toma la siguiente forma:

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

$$\beta_{0ij} = \gamma_0 + u_{oj}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_1 + u_{1j}$$

donde Y representa hectáreas deforestadas, β_{0ij} representa el intercepto que varía a nivel de hogar (i) y de comunidad (j), $\beta_{1j}x1_{ij}$ define densidad de la finca a nivel de hogar cuya pendiente permanece aleatoria a nivel de comunidad. β_2x2_{ij} a β_7x7_{ij} son las estimaciones fijas de los coeficientes en la siguiente orden: densidad del hogar, densidad del hogar cuadrada, edad del jefe de hogar, razón de dependencia infantil, razón de masculinidad adulta, duración en la finca, y trabajo fuera de la finca. β_8x8_j representa la población de cada comunidad en la muestra, notada con el subcripto j que varía a nivel de comunidad solamente.

Debido al tamaño relativamente pequeño de la muestra de comunidades, el método autosuficiente o “bootstrapping” se implementó para mejorar la precisión de las estimaciones de parámetros y de variabilidad. El método autosuficiente corrige el sesgo que origina de las violaciones de la regla de un mínimo tamaño de observaciones en la segunda nivel (comunidad) (Van der Leeden, Busing et al. 1997). Debido a la dificultad de lograr convergencia con el último modelo, con la inclusión de pendientes aleatorias a nivel de comunidad, los parámetros se estimaron con los mínimos cuadrados generalizados de forma restringida e iterativa (Restricted Iterative Generalized Least Squares o RIGLS en inglés). Los niveles de significado de las variables permanecieron iguales con este método comparado con el modelo anterior sin pendientes aleatorias estimado con el método autosuficiente.

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). Este complejo ecológico conocido como la Selva Maya constituye el bosque tropical más grande de Centroamérica (Morales Barbosa, 1995). Abarcando 2,029 km.², 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).

El Parque Nacional Sierra de Lacandón (PNSL) forma el único puente biológico entre las áreas protegidas de la Selva Maya de Chiapas, Petén y Belice. 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 20,000 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, Martinez et al. 2000).

Pero la decisión de migrar al Parque, de tener una cierta cantidad de hijos, y de manejar la tierra de ciertas inversiones de labor y capital se toma a nivel de hogar. La mayoría de los campesinos cultivan maíz y frijol. Tan solo 10% de la muestra 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 maíz, siete en barbecho o descanso, y una pequeña porción en otros usos. Menos de un cuarto de la muestra tiene ganado. Con la mayoría de las fincas cubiertas aún 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 los análisis que siguen a continuación examinamos cuan importante son los factores demográficos sobre la deforestación a nivel de hogar.

Resultados

Resultados descriptivos

Tabla 1 demuestra las relaciones bivariadas entre variables demográficas y hectáreas de bosque deforestado a nivel de finca. Todas las variables demográficas menos dos fueron significativas a nivel .01 en la dirección esperada. Solo las razones de dependencia y de género no fueron significativas. Tamaño del hogar y cantidad de hijos

fueron relacionados positivamente con la deforestación en la finca. Sin embargo, ya que las fincas de más alta densidad suelen ser las más 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 significativa la razón de dependencia junto con el hallazgo significativo de la variable de hombres adultos sugiere que la deforestación tiene más que ver con la mano de obra disponible que 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 último, 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 debe reducir la deforestación.

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

Variables independientes	Tierra deforestada		
	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 ²	-	-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

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 resultaron significativos solo los con superior poder previsible. 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. La razón de dependencia fue significadamente y negativamente asociada 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 ²	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	0.01
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	0.02
<u>Disponibilidad de mano de obra familiar</u>				
Trabajo fuera de la finca	-2.61	-0.10	-1.87	0.06
Valores P:		< or = .01	< or = .05	< or = .10
R ²	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 hogar² 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 razón 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 de la muestra 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. Estas familias pueden tener tierra relativamente gastada también 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 razón de dependencia. Las otras variables permanecieron significativas y en la misma dirección que en el modelo representado en la Tabla 2.

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 [^]	-9.39	-0.74	-7.15	0.00
Densidad del hogar ²	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	0.01
Duración en la finca	3.71	0.15	2.67	0.01
Trabajo fuera de la finca	-3.12	-0.12	-2.26	0.03
Valores P:		< or = .01	< or = .05	< or = .10
R ²	0.34			
[^] normalizado				

Dos niveles

Las variables del modelo a nivel de hogar fueron incluidas en un modelo con un intercepte aleatorio (véase Tabla 4). Todas menos duración en la finca permanecieron significativas a nivel de .01. Trabajo fuera de la finca ahora se mejoró de significativo a nivel de .05 a nivel de .01. Se observa variación en los interceptes a nivel de comunidad en la Figura 2. La prueba de significado de la probabilidad del log indicó que la adición de un intercepte a nivel de comunidad mejoró el modelo de un nivel (Tabla 3). Entonces se probó las pendientes aleatorias para la variable más importante, densidad del hogar. Como se observa en la figura 3, tal variación es evidente. La variación en las pendientes a

nivel de comunidad fue significativa según la prueba de significado de la probabilidad del log entre los dos modelos.

Una variable a nivel de comunidad, población total de las comunidades, fue incluida en el modelo y fue significadamente relacionado con la deforestación a nivel de hogar y mejoró el 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 si lo fue. Esto mas el hecho que duración en la finca no permaneció significado en el modelo de dos niveles sugieren la importancia de medir relaciones demográficas a diferentes escalas.

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

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

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 y de comunidad en una frontera agrícola en los trópicos de Centroamérica. El modelo de regresión multiple a nivel de hogar explico 30% de la variación en la deforestación sólo con variables demográficas a nivel de hogar. Siguiendo las teorías de Boserup, densidad del hogar fue el factor más importante. Este análisis también demuestra la importancia de tomar en cuenta la escala en un análisis de las relaciones entre población y medio ambiente. El contextualizar los factores demográficos con variación a nivel de comunidad indicó la importancia de diferencias a nivel de comunidad que necesitan ser exploradas en investigaciones futuras. El modelo de multi nivel capturó más de la variación en los residuos que el modelo de un solo nivel. Se determinó que las comunidades variaron las unas de las otras en cuanto a sus interceptes. También se halló que las pendientes de la variable más importante del análisis, densidad del hogar, también varió entre comunidades. Un factor a nivel de comunidad, población de las comunidades fue significadamente y positivamente relacionada con la deforestación a nivel de hogar.

Es de notar que la cantidad de personas a nivel de comunidad fue significativamente relacionada con la deforestación mientras tamaño del hogar a nivel de hogar no demostró relación alguna. Además, duración en la finca dejó de ser

significativa después de controlar por la densidad del hogar, 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.

Investigaciones futuras examinarán los factores demográficos a varias escalas sobre los usos del suelo que componen la tierra deforestada. Futuros análisis también pueden examinar otros desenlaces demográficos y económicos que pueden resultar de la variación entre factores demográficos como son la migración, la fecundidad, la intensificación agrícola y la búsqueda de empleo fuera de la finca. Eventualmente estos modelos incluirán no solo factores demográficos sino también variables socioeconómicas, políticas, y ecológicas. Sin embargo, para evaluar el papel que desempeñan las variables demográficas había 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 resultar más útiles para informar potenciales intervenciones políticas para frenar la deforestación y mejorar el estándar de vida de colonos en las fronteras agrícolas a través de América Central y otros países trópicos que sufren altas tasas de deforestación en sus franjas boscosas.

Bibliografía

- Allen, J. y 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 y C. Rodriguez-Pedraza (2002). The Colonist Footprint: Toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian Frontier. En *Deforestation and land use in the Amazon*. Ed. C. H. Wood y R. Porro, Gainesville, FL, University Press of Florida.
- Caldwell, J. C. y P. Caldwell (1987). The cultural context of high fertility in sub-Saharan Africa. *Population and Development Review* 13(3): 409-437.
- Geist, H. J. y 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, LUC International Project Office: 116.
- Godoy, R., S. Groff y 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. y C. L. Needle (2000). The relationships of population and forest trends. *Geographical Journal* 166(1): 2-13.
- McCracken, S., A. Siqueira, E. Moran y E. Brondizio (2002). Land use patterns on an agricultural frontier in Brazil: Insights and examples from a demographic perspective. En *The Colonist Footprint: Toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian Frontier*. Ed. C. H. Wood y R. Porro, Gainesville, FL, University Press of Florida.
- Moran, E. (1984). Colonization in Transamazonia and Rondonia. En *Frontier Expansion in Amazonia*. Ed. Schmink y Woods, Gainesville, FL, University of Florida Press.
- Moran, E., E. Brondizio, P. Mausel y Y. Wu (1994). Integrating Amazonian Vegetation, Land-Use, and Satellite Data. *BioScience* 44(5): 329-338.
- Murphy, L. L., C. Marquette, F. J. Pichón y 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. y A. S. Bryk (2002). *Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods*. Thousand Oaks, CA, Sage.
- Rosero-Bixby, L. y A. Palloni (1998). Population and deforestation in Costa Rica. *Population and Environment* 20(2): 149-78.
- Rudel, T. y B. Horowitz (1993). *Tropical deforestation: Small farmers and land clearing in the Ecuadorian Amazon*. New York, Colombia University Press.
- Rundquist, F. M. y 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 y H. T. Yax (2000). Estimación de la deforestación en la Reserva de la Biosfera Maya, 1997-1999. En *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).
- Stokes, C. S. (1984). Access to land and fertility in developing countries. En *Rural Development and Human Fertility*. Ed. W. A. Schutjer y 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 y E. Meijer (1997). Applications of Bootstrap Methods for Two-Level Models. Multilevel Conference, Amsterdam, April 1-2, 1997.
- Walker, R., E. Moran y 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 y 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

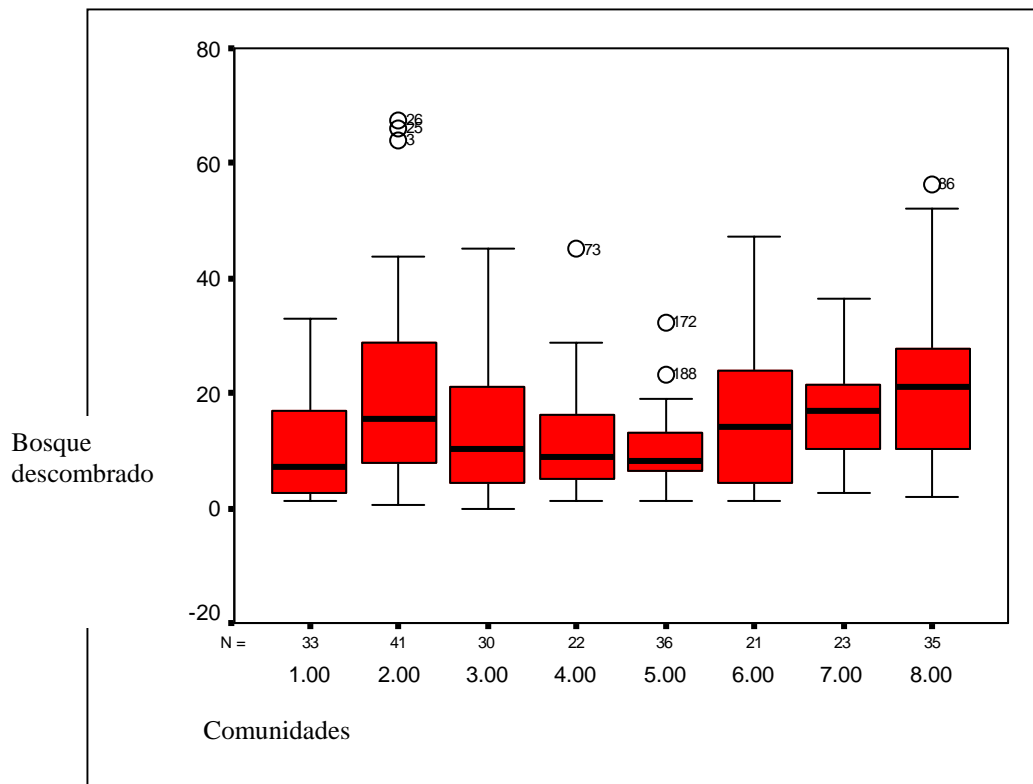


Figura 2. Densidad del hogar y deforestación con interceptes aleatorias.

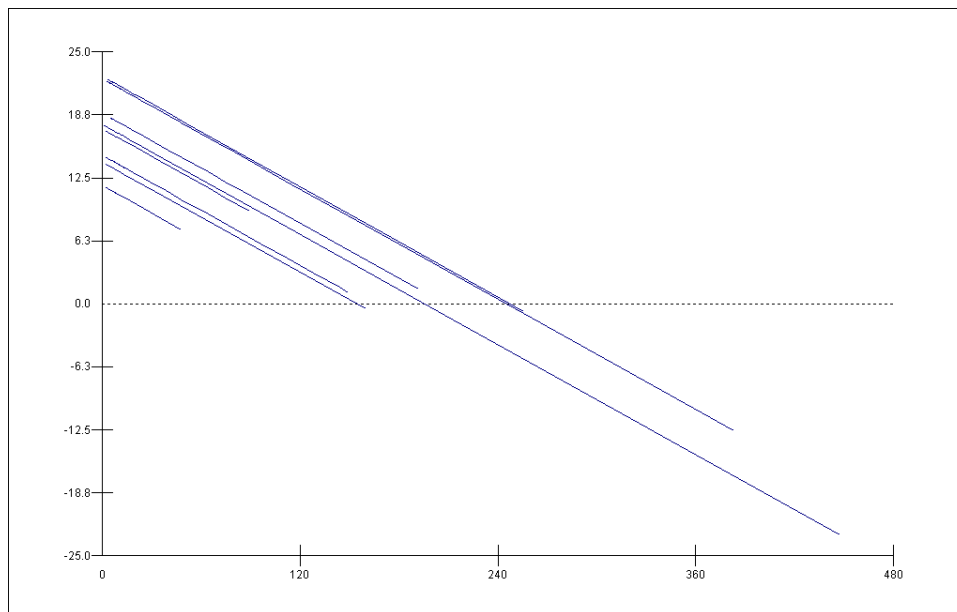


Figura 3. Densidad del hogar y deforestación con interceptes y pendientes aleatorias.

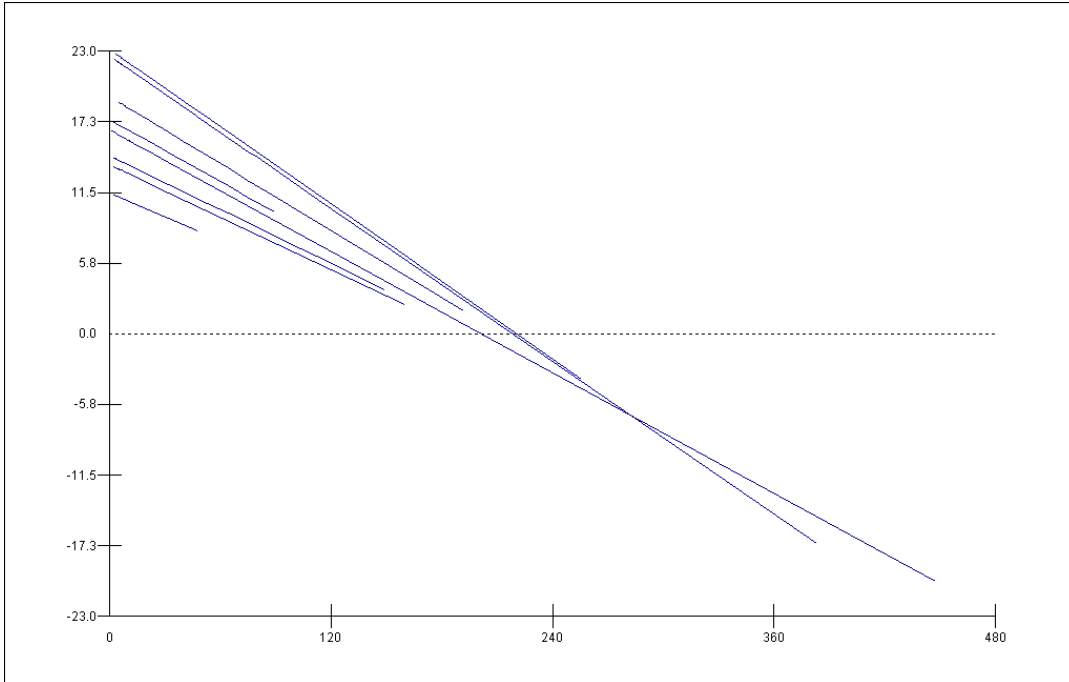


Figura 4. Densidad del hogar y densidad del hogar² y deforestación con interceptes y pendientes aleatorias.

