



Restauración de Bosques en América Latina

Mario González-Espinosa, José María Rey-Benayas,
Neptalí Ramírez-Marcial EDITORES



RESTAURACIÓN DE BOSQUES

en América Latina

RESTAURACIÓN DE BOSQUES en América Latina

Mario González-Espinosa
José María Rey-Benayas
Neptalí Ramírez-Marcial
editores



www.fundacionfire.org



www.mundiprensa.com.mx

Grupo Mundi-Prensa

• MUNDI-PRENSA MÉXICO

Río Pánuco 141, Col. Cuauhtémoc
06500 México, D.F.
Tels. 55 33 56 58 al 60 Fax 55 14 67 99
E-mail: mundiprensa@mundiprensa.com.mx

• Mundi-Prensa Libros, S.A.

Castelló, 37 - 28001, Madrid
Tel. 914 36 37 00 Fax 915 75 39 98
E-mail: libreria@mundiprensa.es
Internet: www.mundiprensa.com

• Mundi-Prensa Barcelona

• Editorial Aedos, S.A.

Aptdo. de correos 33388 08080 Barcelona
Tel. 629 26 23 38 Fax 933 06 34 99
E-mail: barcelona@mundiprensa.es

TÍTULO DE LA OBRA ORIGINAL

Restauración de bosques en América Latina
2008

EDICIÓN ORIGINAL PUBLICADA POR

© Mundi-Prensa México, S.A. de C.V.
© Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE)

EDITORES

Mario González-Espinosa
José María Rey-Benayas
Neptalí Ramírez-Marcial

DISEÑO Y FORMACIÓN

Rodolfo Dueñas

DISEÑO DE PORTADA

Rogelio Covarrubias

FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Adriana E. Rovere
Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina

PROPIEDAD DE

© Mundi-Prensa México, S.A. de C.V., 2008
Río Pánuco 141, Col. Cuauhtémoc
06500 México, D.F.

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción, total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

ISBN 978-968-7462-49-3

Impreso en China

Cambios socioeconómicos y regeneración del bosque en la República Dominicana

H. Ricardo Grau^{1*}, Mariana Pérez Ceballos², Sebastián Martinuzzi^{3,4}, Xiomara Encarnación² y T. Mitchell Aide⁵

¹ CONICET-Universidad Nacional de Tucumán, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de Las Yungas, Casilla de correo 34 (4107), Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

² Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Educación e Información Ambiental, Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales, Avenida Máximo Gómez, esquina con Reyes Católicos, Edificio de Áreas Protegidas, Santo Domingo, Republica Dominicana.

³ Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Calle Ceiba 1201, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, PR 00926-1119, EUA.

⁴ Universidad Nacional de La Plata - LISEA, Diag. 113 No. 469 CC 31 – Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (1900), La Plata, Argentina.

⁵ Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, P.O. Box 23360, San Juan, PR, 00931-3360, EUA.

*Autor para correspondencia. Correo-e: chilograu@yahoo.com.ar.

RESUMEN

Describimos los cambios en la superficie ocupada por los bosques, pastizales y agricultura en el norte de la República Dominicana entre 1984 y 2002. El área de estudio incluye una amplia gama de altitudes (desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m de altitud), climas y zonas de vida. Durante los últimos decenios la región ha sido afectada por un acelerado crecimiento económico. Entre 1984 y 2002 los bosques se expandieron en aproximadamente un 50% (255,000 ha). La mayor expansión porcentual de bosques ocurrió en las provincias de la cordillera Septentrional, dominadas por la zona de vida de bosques latifoliados húmedos y con poca superficie de áreas protegidas. La tasa de reforestación relativa al área no forestada fue mayor a altitudes elevadas, en terrenos con pendiente y en provincias con acelerado crecimiento urbano; pero la mayor superficie absoluta de nuevos bosques ocurrió por debajo de los 500 m y en pendientes inferiores a 20%. El área de bosques se redujo en las dos provincias dominadas por bosque seco subtropical. En todas las provincias aumentó la superficie de agricultura y disminuyó la de pastizales. Este estudio documenta un proceso de expansión forestal generalizada que es en gran medida independiente de políticas de protección de la naturaleza. En cambio, la recuperación del bosque parece ser favorecida principalmente por el crecimiento económico y el cambio hacia la intensificación del uso productivo del territorio y la expansión de los sectores de servicios e industria. Dadas las tendencias actuales de globalización económica y urbanización, es probable que procesos similares ocurran en otras

áreas de América Latina y del mundo, lo que ofrecería oportunidades para una extensa restauración ecológica sin la intervención humana.

Palabras claves: cambios de uso y cobertura del territorio, globalización, reforestación natural, transición forestal.

ABSTRACT

We describe the changes in the cover of forests, pasture land and agricultural land in northern Dominican Republic between 1984 and 2002. The study area includes a wide range of topography (from sea level to more than 3,000m elevation), climate and life zones. It has been affected by rapid economic growth during the last decades. Between 1984 and 2002, forest area expanded by approximately 50% (255,000 ha). The largest percent increment in forest area occurred in the Cordillera Septentrional provinces, characterized by humid subtropical broadleaf forests and few natural protected areas. Reforestation rate (new forests relative to non-forested area) was higher at higher elevations, on steep slopes, and in provinces with faster urban growth; but the largest increase in absolute forested area occurred below 500 m elevation and on slopes <20%. Forest area decreased in the two provinces dominated by lowland subtropical dry forests, but pasture area decreased and agriculture area increased in all provinces. Overall, this study doc-

uments a process of widespread forest regeneration that is largely independent of policies of nature protection. Instead, forest recovery appears to be driven by economic growth and a shift in the economy toward intensive agriculture and the expansion of the industrial and service sectors. Given the current trends of economic globalization and population urbanization, similar processes are likely to occur in other areas in Latin America and the world, providing opportunities for extensive ecological restoration with no human intervention.

Keywords: forest transition, globalization, land use/cover change, natural regeneration.

INTRODUCCIÓN

La investigación en restauración ecológica de bosques tropicales se ha enfocado principalmente hacia el desarrollo y evaluación de técnicas que favorezcan el establecimiento y crecimiento de los árboles a escala de parcela. Sin embargo, la extensión de estas técnicas a escalas espaciales más amplias no depende generalmente de limitaciones biológicas o técnicas, sino de procesos socioeconómicos y políticos regionales. La regeneración del bosque es viable más allá de parcelas experimentales cuando el bosque no compite con otros usos del territorio percibidos como más redituables, tales como la agricultura y la ganadería (Mansourian et al. 2005).

En extensas áreas del trópico la tendencia del uso del territorio es hacia la expansión agropecuaria y, en consecuencia, hacia la deforestación (FAO 2005). En este contexto, para favorecer la restauración ecológica se requieren fuertes limitaciones gubernamentales al uso productivo, por ejemplo mediante la creación de áreas protegidas o la aplicación de restricciones legales como leyes de protección de especies o comunidades forestales. Por otro lado, en buena parte del mundo desarrollado extratropical (por ejemplo Europa, América del Norte, Israel, Taiwán y Nueva Zelanda), las condiciones socioeconómicas favorecen el abandono de tierras marginales y la expansión de los bosques (Mather y Needle 1998; FAO 2005). Este escenario, mucho más favorable a la restauración ecológica, puede

no requerir técnicas de manejo, dado que en muchas condiciones el bosque se recupera espontáneamente (Aide et al. 2000). Otras veces, cuando la producción primaria local está limitada (Rey Benayas 2005) o cuando los sistemas se encuentran en estados degradados resilientes (Hobbs y Norton 1996), es necesaria la restauración activa.

En la región neotropical, la expansión de bosques por reducción en la intensidad del uso en tierras marginales ha sido documentada en Puerto Rico (Rudel et al. 2000; Grau et al. 2003), México (Klooster 2003), Honduras (Southworth y Tucker 2001; Bass 2004), El Salvador (Hecht et al. 2006), Costa Rica (Janzen 2002), Ecuador (Rudel et al. 2002) y Argentina (Morales et al. 2005; J. Gutiérrez y H. R. Grau, datos no publicados). En general, la regeneración espontánea de estos bosques ocurre en áreas marginales para la agricultura moderna debido a las fuertes pendientes, suelos infértiles o precipitaciones insuficientes. Además, se asocia a procesos de crecimiento económico, industrialización, intensificación agrícola en suelos más fértiles y emigración rural relacionada con la urbanización poblacional. Dado que es esperable que estos procesos continúen en el futuro, hemos postulado que las oportunidades de recuperación de ecosistemas en América Latina probablemente estén aumentando (Aide y Grau 2004). En consecuencia, es necesario evaluar la extensión en la cual las generalizaciones mencionadas anteriormente pueden aplicarse.

Con este objetivo, analizamos los cambios en la superficie forestal, agrícola y de pastizal en el noroeste de la República Dominicana desde 1984 hasta 2002 y su relación con algunos factores biofísicos (altitud, pendiente, zona de vida) y humanos (población rural y urbana). El área de estudio presenta una serie de características que permiten analizar nuestro postulado (Aide y Grau 2004): (1) se extiende sobre una amplia gama de altitudes (desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m) e incluye distintas zonas de vida como bosque tropical seco, bosques latifoliados de montaña y bosques de coníferas; y (2) ha sido afectada por cambios socioeconómicos (crecimiento económico, industrialización y emigración internacional, entre otros) que podrían estimular el abandono de áreas marginales. En las zonas de mayor altitud se han establecido varias áreas protegidas y adicionalmente se han estimulado políticas de protección de los bosques de coníferas. Se ha argumentado que estas acciones gubernamentales han

sido la principal causa de la buena cobertura boscosa de la República Dominicana (Diamond 2005). Como hipótesis alternativa planteamos que los bosques se expanden principalmente fuera de las áreas protegidas como consecuencia de la intensificación agrícola y la urbanización poblacional.

ÁREA DE ESTUDIO

Nuestro trabajo evaluó los cambios en el uso y cobertura del territorio en once provincias del noroeste de la República Dominicana ubicadas entre los 19° y 20° de latitud N y los 70° y 71° 45' de longitud W: Dajabón, Montecristi, Santiago, Espaillat, Santiago Rodríguez, Monseñor Nouel, La Vega, Salcedo, Duarte, Sánchez Ramírez y Valverde-Mao

(Fig. 1). Esto es, todas las provincias son parte de las cuencas de los ríos Yaque del Norte y parte de las cuencas de los ríos Yuna y Camu. El área cubre una superficie aproximada de 1.6 millones de hectáreas.

Esta región incluye pronunciados gradientes topográficos y climáticos (Moya Pons y Pérez Ceballos 2004). La precipitación es mínima (600-800 mm anuales) en la zona plana del valle del Yaque del Norte y aumenta hacia las dos cadenas montañosas que lo rodean (cordilleras Central y Septentrional), alcanzando más de 2,000 mm anuales en la vertiente norte de la cordillera Central, que supera los 3,000 metros de altura. Relacionado con estos gradientes se distribuyen distintas zonas de vida: la zona baja del valle del Yaque del Norte corresponde al Bosque Seco Subtropical; las laderas de las cordilleras corresponden a bosques húmedos y muy húmedos subtropicales de zonas bajas y

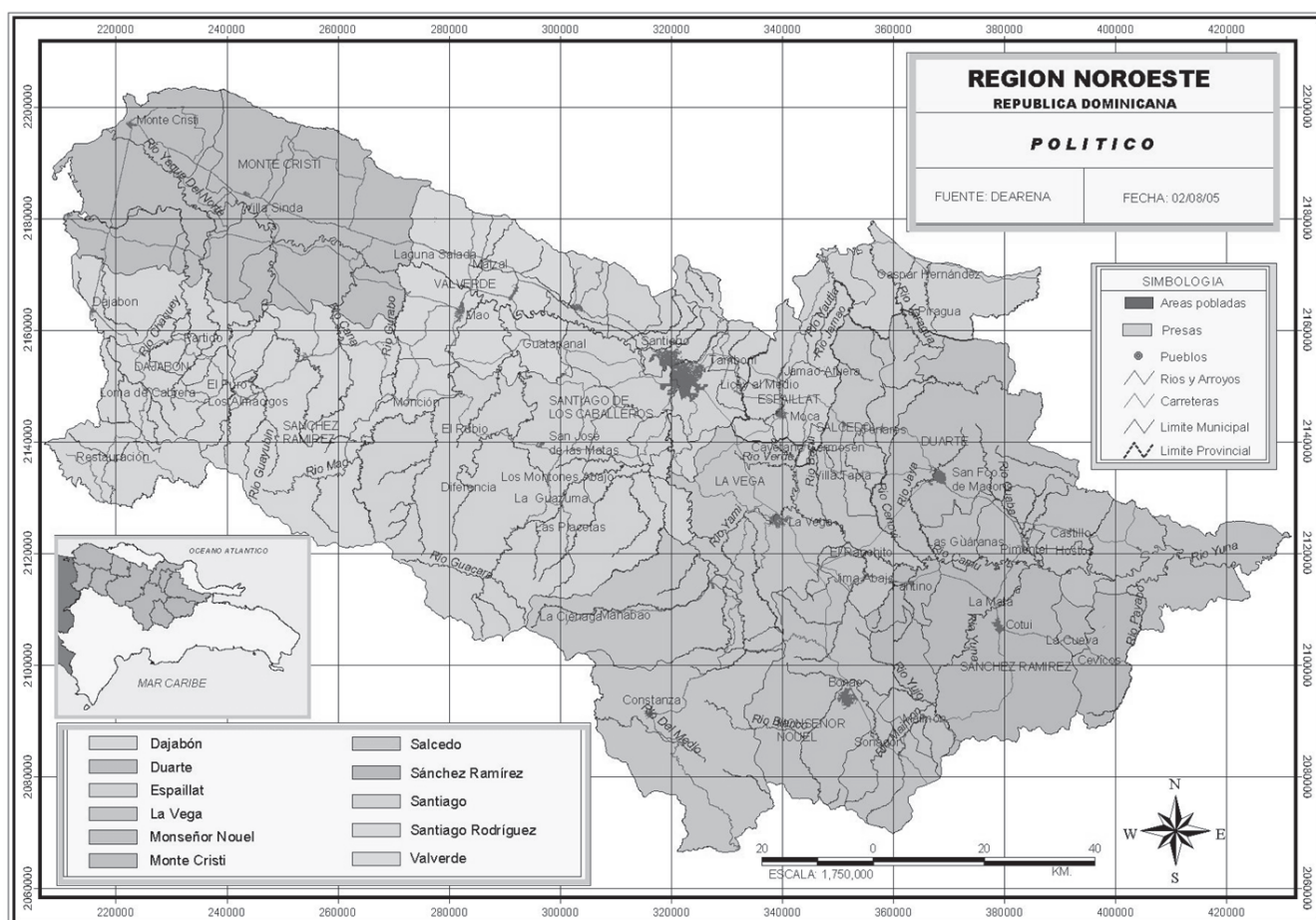


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la República Dominicana y división política, indicando las 11 provincias. Ver figura en color en página 251.

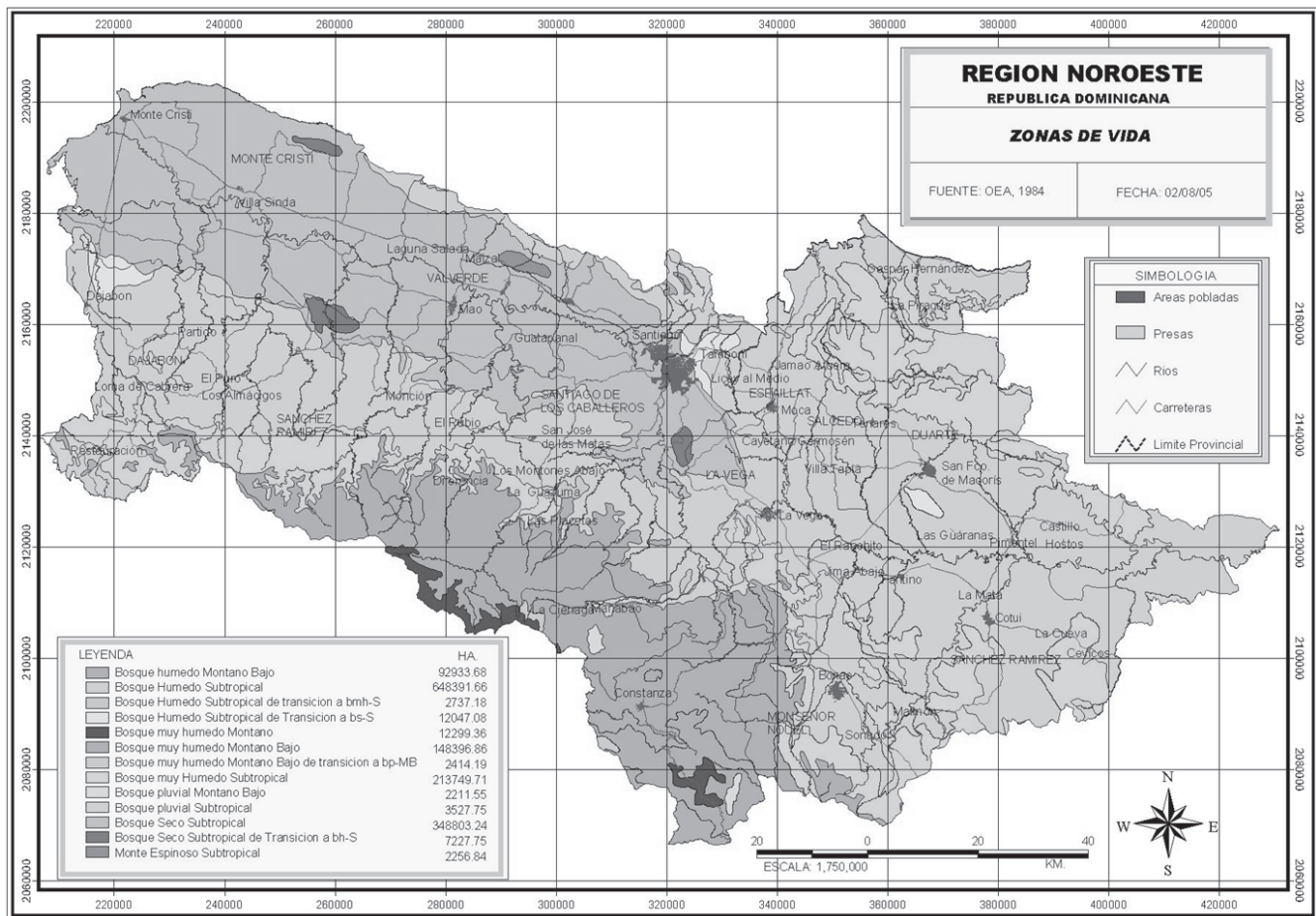


Figura 2. Mapa de zonas de vida en el noroeste de la República Dominicana. Ver figura en color en página 251.

montañas (Fig. 2); por encima de los 1,500 m de altura (cordillera Central) dominan los bosques de coníferas; las zonas situadas por encima de los 1,500 m están principalmente incluidas en los parques nacionales Armando Bermúdez y Valle Nuevo y en una serie de áreas protegidas menores que en total cubren una superficie de 253,400 ha. Finalmente, por encima de los 1,500 m de altitud, la superficie de áreas protegidas es de 78,500 ha, correspondiente a 82% del total del área de estudio en esa franja altitudinal.

La República Dominicana tiene una densidad poblacional relativamente alta (174 habitantes por km²), representativa de los países del Caribe. La población muestra una alta tasa de crecimiento y de cambio en su distribución espacial, con una creciente población urbana y una población rural que tiende a estabilizarse (Fig. 3a). Una

característica relevante de la demografía de la República Dominicana es su elevada emigración hacia otros países. La tasa neta de migración es -0.3%, (>25,000 emigrantes anuales), una de las más altas de América Latina. En 2002, el área de estudio tenía una población de 2.6 millones de habitantes (30% del total nacional), e incluye la segunda ciudad en tamaño del país (Santiago, con más de un millón de habitantes).

El crecimiento económico de la República Dominicana se aceleró durante el decenio de 1990 (Fig. 3b). Este país ha transformado gradualmente su economía hacia una menor participación relativa de la agricultura y una mayor participación relativa de las industrias y los servicios (Fig. 3c), entre los que destacan el turismo y las industrias ligeras. El turismo y las remesas de dinero proveniente

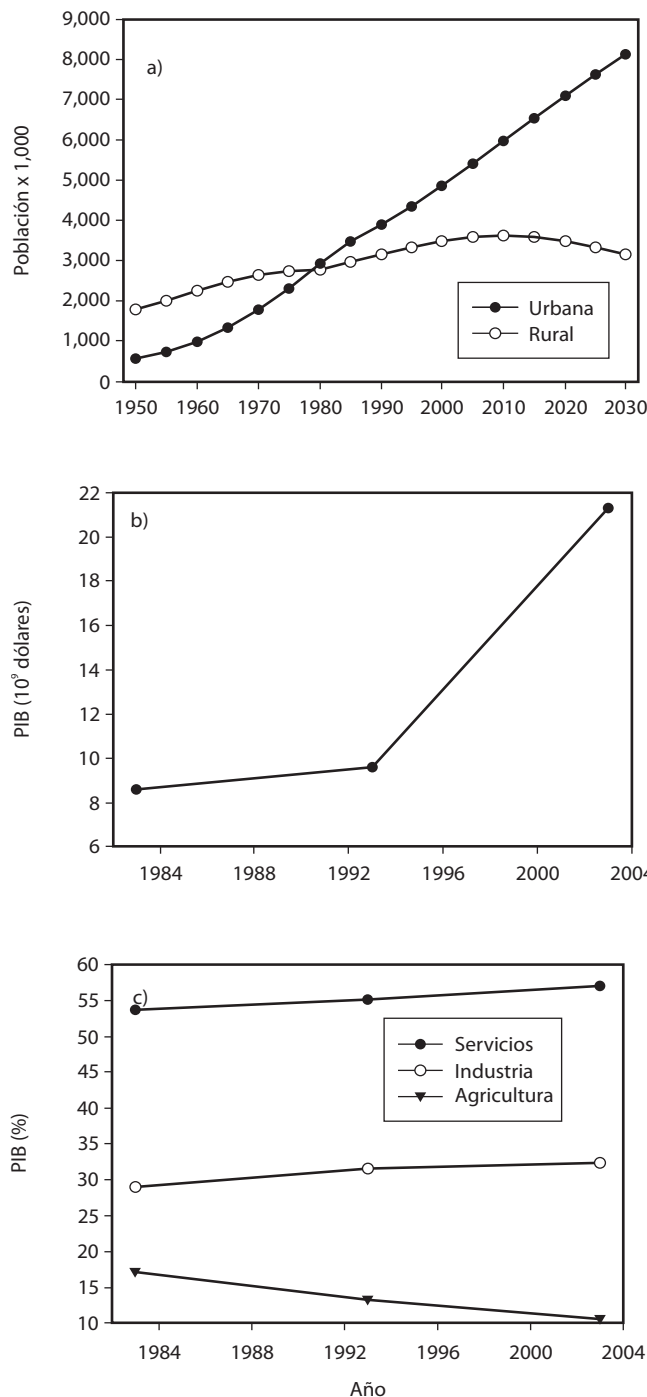


Figura 3. (a) Cambios en la población rural y urbana en la República Dominicana desde 1950 y proyecciones hasta 2030 (FAOSTAT Data 2005). (b) Tendencia en el producto interno bruto (PIB). (c) Tendencia de la contribución relativa de los sectores de industria, servicios y agricultura al PIB durante los últimos dos decenios (World Bank 2004)

de dominicanos residentes en Estados Unidos y la Unión Europea son las dos principales fuentes de divisas del país. Después de una fuerte crisis económica hacia el final del periodo estudiado en este análisis, los indicadores económicos actuales (2004-2005) son favorables y la República Dominicana se afianza como la economía más próspera de los países independientes del Caribe. Es uno de los países de la región que recientemente ha firmado el Tratado de Libre Comercio de Centro América (CAFTA).

MÉTODOS

Se utilizaron clasificaciones del tipo de cobertura del territorio de tres fechas (1984, 1996 y 2002) basadas en imágenes Landsat TM. Estas clasificaciones se obtuvieron mediante una combinación de métodos supervisados y no supervisados realizados por la Dirección de Información Ambiental y Recursos Naturales de la República Dominicana. Las clasificaciones en las tres fechas están basadas en combinaciones de imágenes de los dos años previos, con el fin de obtener clasificaciones de toda el área de estudio libres de nubes. La clasificación de 1984 fue realizada con métodos, criterios y resolución espacial no completamente comparables a las clasificaciones de 1996 y 2002. Si bien consideramos que es informativo utilizar las clasificaciones de clases amplias para describir tendencias a largo plazo, las diferencias de criterio y formato no permiten comparaciones exactas de cambios, por ejemplo, a nivel de píxel. Los mapas de cobertura de 1996 y 2002, en cambio, fueron desarrollados a partir de imágenes Landsat TM, con 30 m de resolución espacial, y siguiendo en general los mismos criterios de mapeo y clasificación. Ello permite comparaciones más detalladas y el análisis de transiciones, especialmente en lo referente a la cobertura boscosa.

Para el análisis de 1984, la interpretación incluye algunos criterios de definición diferentes a los de las dos fechas siguientes (Figs. 4, 5 y 6), por ejemplo áreas urbanas, agricultura y vegetación leñosa. Por ello, las clases fueron reagrupadas en clases más amplias. Todos los tipos de formaciones leñosas (coníferas, latifoliadas, bosque seco, arbustales, matorrales) fueron incluidos en una sola categoría de "bosque". Los distintos tipos de agricultura intensiva y extensiva fueron incluidos en la categoría de "agricultura". La discriminación de agricultura de sub-

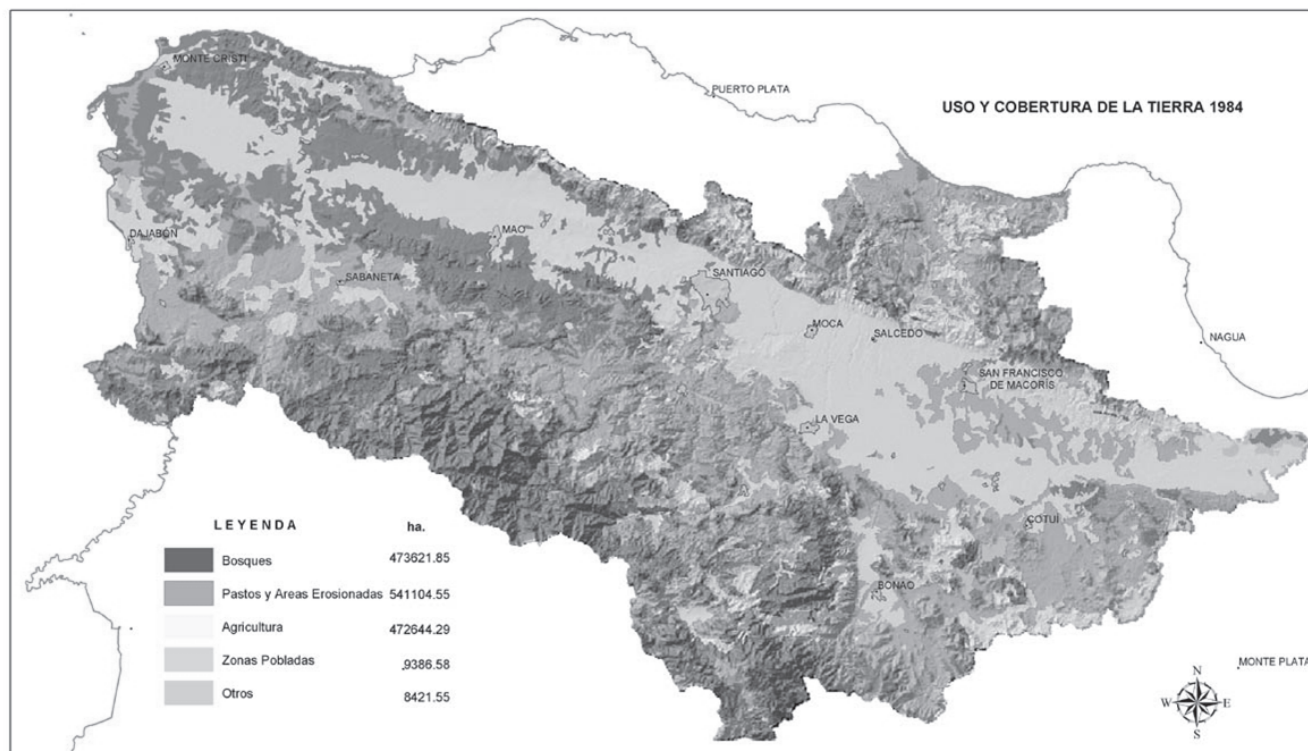


Figura 4. Coberturas de bosque, pastizales, agricultura y áreas urbanas en 1984. Ver figura en color en página 251.

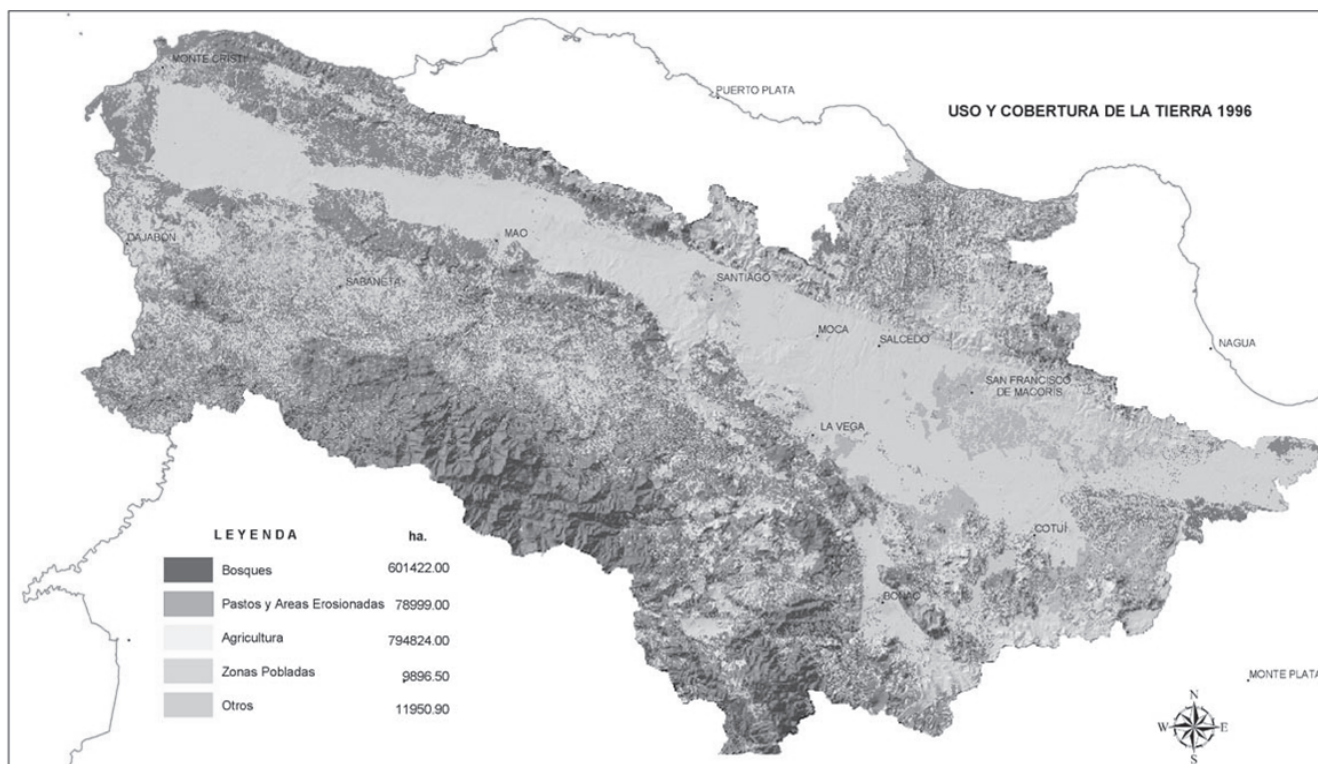


Figura 5. Coberturas de bosque, pastizales, agricultura y áreas urbanas en 1996. Ver figura en color en página 252.

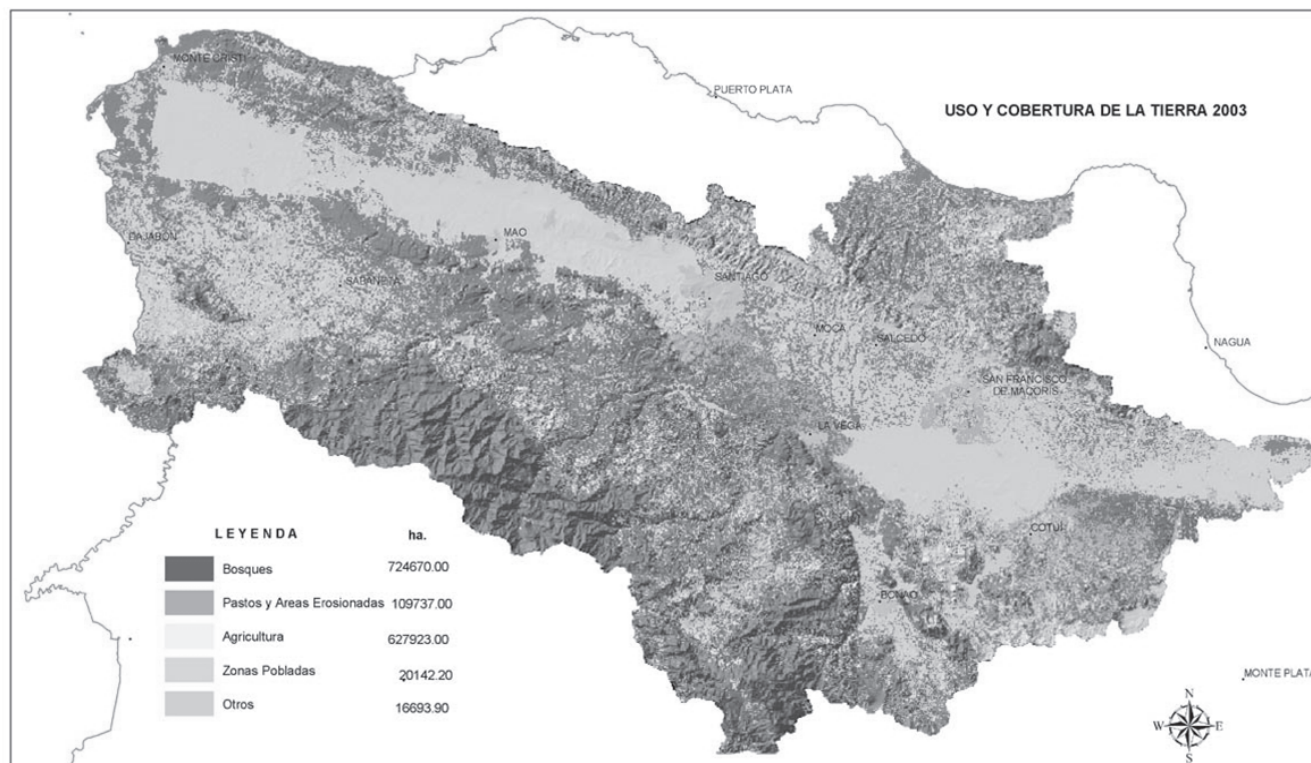


Figura 6. Coberturas de bosque, pastizales, agricultura y áreas urbanas en 2002. Ver figura en color en página 252.

sistencia y pasto utilizada en 1996 cambió a “agricultura mixta” en 2002, y se asignó a la categoría de “agricultura”. Las distintas categorías de praderas y áreas erosionadas fueron incluidas en la categoría de “pastizales”. Las áreas urbanas, cuerpos de agua, humedales y obras de infraestructura (que en su conjunto significan menos de 10% del área total) no fueron consideradas en este análisis.

Analizamos el cambio de bosques, pastizales y agricultura para toda el área de estudio y para las once provincias por separado. Para explorar los mecanismos causales de la expansión de los bosques, en las nueve provincias donde esto ocurrió (se excluyeron las dos con predominio de deforestación por considerarlas con una dinámica de cambio de uso del territorio dominada por otros factores), analizamos la relación entre la reforestación y dos variables demográficas, el crecimiento urbano relativo y el cambio en la población rural (se considera población rural la que habita en núcleos poblacionales menores de 2,000 habitantes). Como índice de la importancia de la concentración de la población en núcleos urbanos en

relación al área potencial sujeta a reforestación natural, calculamos el crecimiento urbano relativo = crecimiento de la población urbana (2002-1970) / área sin bosque en 1984. Para analizar la relación entre la deforestación y los cambios en la población rural, utilizamos el cambio de la población rural entre 1970 y 2002. La tasa de reforestación “r” fue calculada en forma análoga a las tasas de deforestación (Puyravaud 2003) como el área de nueva superficie de bosque por año dividida por la superficie sin bosque al inicio de cada año. Las tasas de reforestación se refieren tanto a bosques naturales como a plantaciones de árboles, aunque la superficie de estas plantaciones es comparativamente mucho menor.

Para evaluar la relación entre la expansión del bosque y las variables topográficas utilizamos un modelo de elevación digital con una resolución espacial de 700 m, del cual derivamos mapas de pendiente y altitud para el área de estudio. Establecimos clases de altitud de 100 m y clases de pendiente de 5%. Mediante un sistema de información geográfica (ERDAS Imagine 8.7) calculamos el número de

píxeles de “nuevo bosque” (no bosque en 1996, bosque en 2001) en distintas clases de pendiente y altitud, y en cada una de ellas se calculó la tasa de reforestación anual.

RESULTADOS

Entre 1984 y 2002 la superficie de bosque aumentó más de un 50% (255,000 ha) (Fig. 7). Esta expansión de los bosques parece haberse acelerado entre 1996 y 2002. La superficie agrícola aumentó en aproximadamente un 80% entre 1984 y 1996, para luego descender a niveles intermedios; ello implica un aumento neto durante el periodo 1996-2002 de aproximadamente 190,000 ha (45%). La superficie de pastizales se redujo en más de 400,000 ha, pasando de cubrir más área que la agricultura en 1984 a representar menos de 15% de toda el área deforestada (agricultura + pastizales) en 2002.

Los bosques se expandieron en nueve de las 11 provincias estudiadas (Fig. 8). Las dos provincias con reducción del área boscosa son las que se encuentran en la zona de

vida de bosque seco subtropical (Fig. 2). El mayor aumento relativo del área de bosques ocurrió en las tres provincias situadas en la cordillera Septentrional, con bosques húmedos y muy húmedos de latifoliadas (Figs. 1 y 2) y con muy poca superficie de áreas protegidas.

Consistentemente con nuestras predicciones, la expansión del área de bosque mostró una correlación positiva (leve) con el crecimiento urbano (Fig. 9a). En contradicción con nuestras predicciones, la tasa de reforestación también se relacionó positivamente con el crecimiento de la población rural (Fig. 9b). La mayor tasa de reforestación ocurrió en La Vega, que experimentó una reducción marcada en la población rural. Sin embargo, las tres provincias que tuvieron un incremento en su población rural (Españillat, Santiago y Monseñor Nouel) se encontraron entre las cinco con mayor tasa de reforestación, asociada a un fuerte crecimiento de la población urbana.

La tasa de reforestación aumentó rápidamente con la altitud entre el nivel del mar (menos de 3%) y los 500 m de altitud (más de 10%) (Fig. 10a). Entre los 500 y los 1,700 m esta tasa fue relativamente constante y aumentó

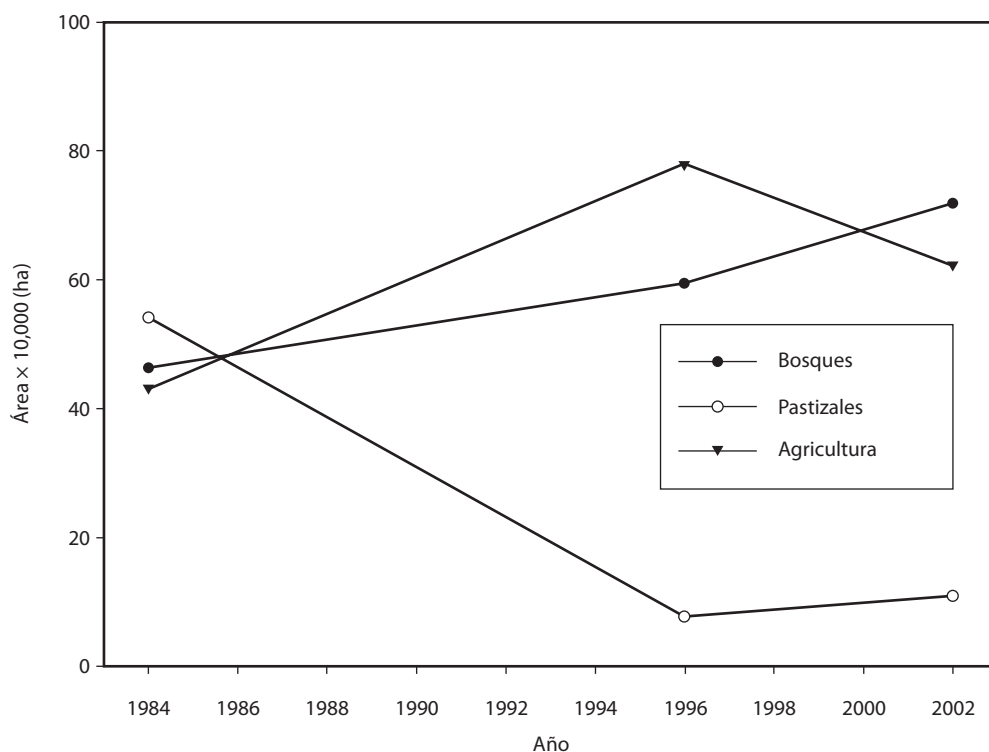


Figura 7. Cambios en las superficies de bosque, pastizales y agricultura en el área de estudio entre 1984 y 2002.

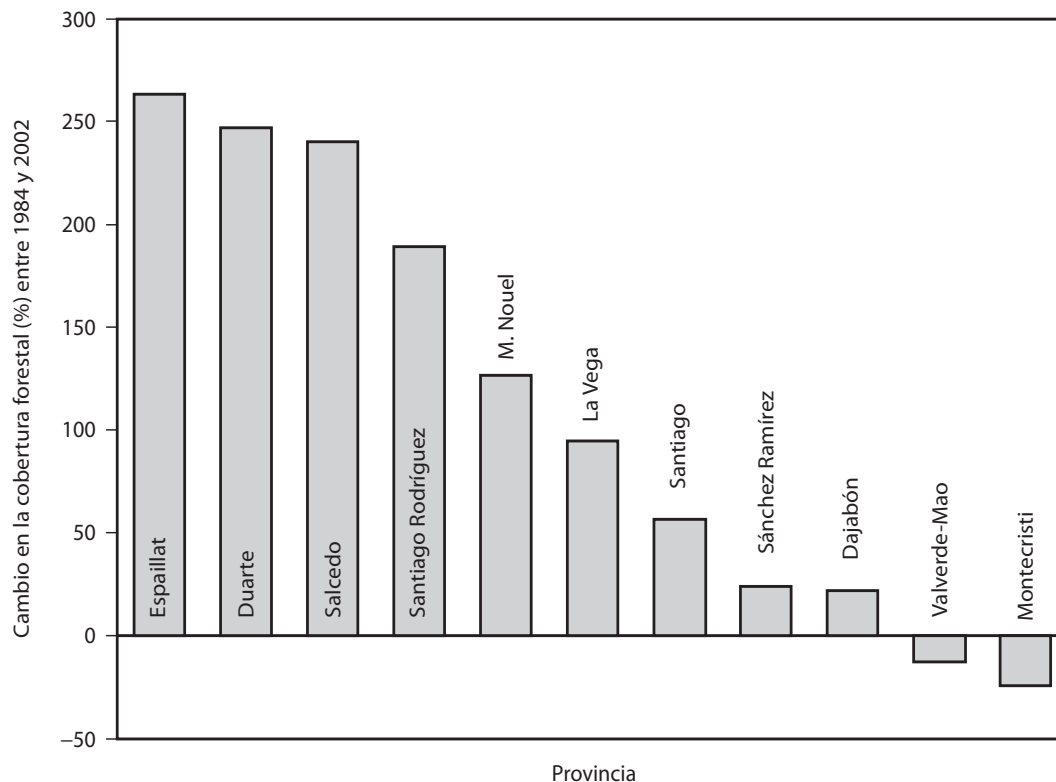


Figura 8. Cambio en la superficie de bosques entre 1984 y 2002 (como porcentaje del área en 1984) en las 11 provincias del área de estudio.

hasta valores superiores a 15% a mayor altitud (Fig. 10a). Sin embargo, como las áreas con mayor tasa de reforestación se localizan en franjas altitudinales que cubren una superficie pequeña, el área absoluta de nuevos bosques fue mayor por debajo de los 600 m de altitud, con un valor máximo entre los 100 y 200 m (Fig. 10b).

El análisis de la reforestación en relación a la pendiente muestra patrones similares (Fig. 11). La tasa de reforestación aumenta abruptamente entre la primera (<5%) y la segunda (5-10%) clase de pendiente, y continua aumentando gradualmente a mayores pendientes (Fig. 11a). Sin embargo, la mayor superficie de nuevos bosques en el área de estudio ocurrió en pendientes inferiores a 5% (Fig. 11b).

DISCUSIÓN

La tendencia en la región estudiada ha sido consistente con el modelo de “transición forestal” de Mather y Nee-

dle (1998). Se observa una expansión significativa de la superficie ocupada por bosques y arbustos paralela a un proceso de intensificación del uso del suelo en las áreas dedicadas a fines productivos. Ello se refleja principalmente en una disminución de la superficie de pastizales y un aumento de la superficie agrícola (Fig. 7). En el Caribe, este patrón de recuperación de bosques ha sido documentado previamente en Puerto Rico, en asociación con cambios socioeconómicos que promovieron la urbanización y el abandono de tierras marginales para la agricultura (Rudel et al. 2000; Grau et al. 2003). Los cambios de cobertura no han sido homogéneos en el territorio. Por ejemplo, al igual que en otras zonas de América Latina (Steininger et al. 2001; Grau et al. 2005), las provincias donde el bosque seco tiene más extensión han tenido una mayor tasa neta de deforestación (Fig. 8). La deforestación en esta zona de vida y la mayor persistencia de las áreas de pastoreo ha hecho de los bosques secos probablemente el bioma más amenazado del Neotrópico (Janzen 1988) y nuestra área de estudio no es una excepción.

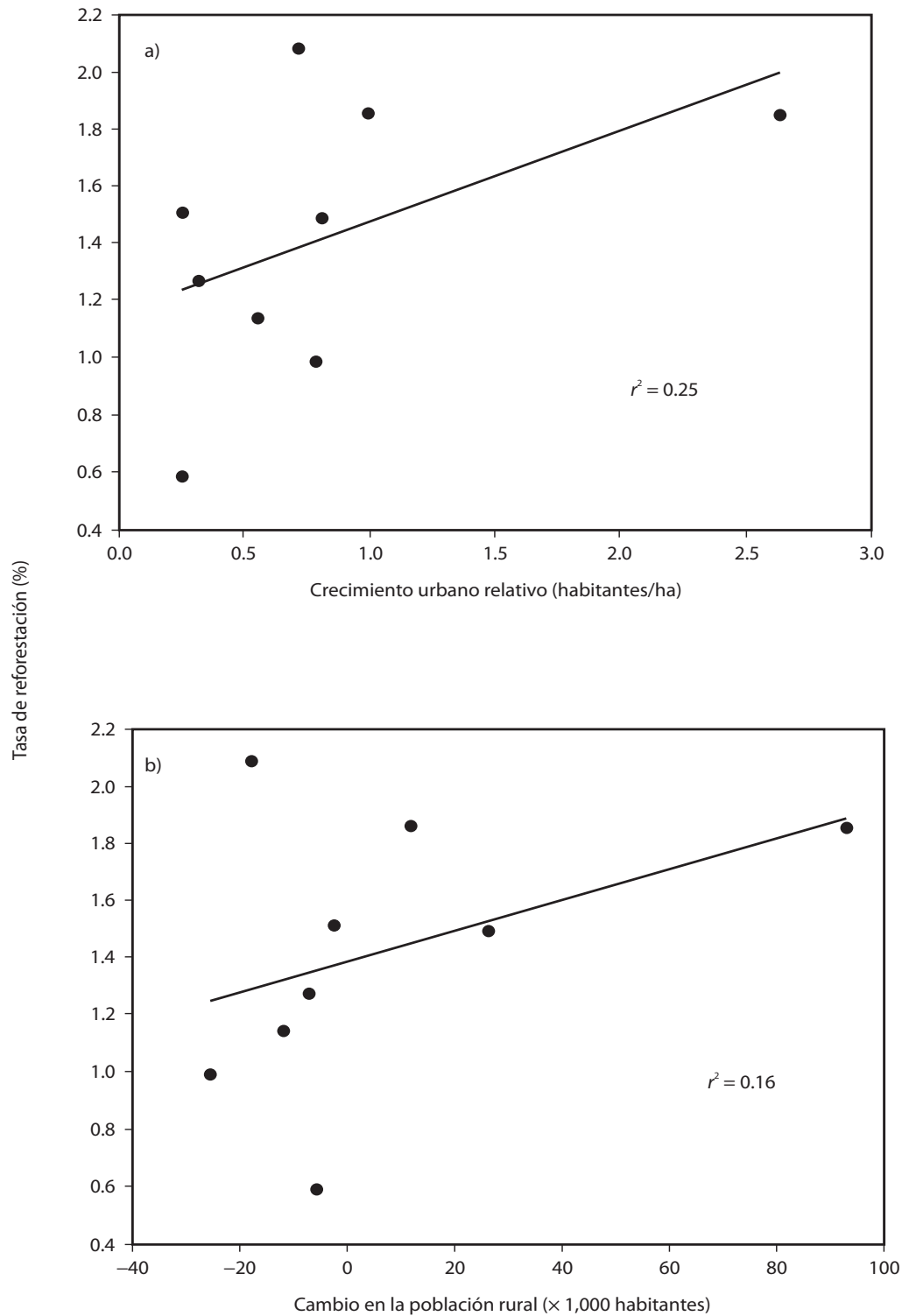


Figura 9. (a) Relación entre la tasa de reforestación anual y el crecimiento urbano relativo. **(b)** Relación entre la tasa de reforestación y el cambio en la población rural entre 1970 y 2000. En ambos casos se incluyen sólo las nueve provincias que mostraron expansión forestal neta entre 1984 y 2002 y se excluyen las que mostraron deforestación neta por considerarse representativas de otro tipo de procesos. Las líneas de regresión incluyen la provincia de Santiago (dato anómalo o *outlier* del extremo derecho superior); la exclusión de esta provincia no cambia la tendencia positiva de ambas regresiones.

En forma similar a lo observado en otros países del Caribe como Costa Rica (Helmer 2000) o Puerto Rico (Rudel et al. 2000; Thomlinson et al. 1996), la tasa de recuperación del bosque ha sido más acelerada en sitios de mayor elevación y pendiente (Figs. 10a y 11a), caracterizados por limitaciones para la agricultura y mayor superficie relativa de áreas protegidas. Sin embargo, en términos absolutos, la mayor expansión de bosques ha ocurrido en zonas bajas y con pendientes intermedias a suaves (Figs. 10b y 11b). Esto sugiere que la mayor recuperación del bosque en términos absolutos no se debe principalmente a una política gubernamental de protección del medio ambiente tal como se ha sugerido (Diamond 2004), lo que sería plausible sólo en los sitios de mayor altitud. Se debe, en cambio, a un proceso de abandono espontáneo de tierras de pastoreo. La mayor expansión porcentual de la superficie de bosques fue en las provincias de la cordillera Septentrional, casi sin áreas protegidas y sin bosques de coníferas que tienen protección legal.

Esta interpretación es también consistente con el hecho de que la tasa de reforestación es más alta en las provincias que tienen un mayor nivel de urbanización relativo a su área deforestada (Fig. 9a), pero no es consistente con el hecho de que la reforestación no se relaciona con la disminución de la población rural. Por el contrario, se observa una leve relación positiva entre reforestación y aumento de la población rural (Fig. 9b). Es posible que el abandono de tierras marginales no se asocie a una disminución de la población rural, pues esta es absorbida por la intensificación y creciente importancia de la actividad agrícola (Fig. 7) y por un creciente número de habitantes que dependen de actividades no rurales como los servicios, industrias ligeras o remesas de dinero desde el exterior. Aunque el comportamiento de muchos de estos pobladores ha cambiado hacia una economía y estilo de vida más urbanos, siguen siendo clasificados como habitantes rurales en las estadísticas por habitar en poblados menores de 2,000 habitantes. Las tendencias socioeconómicas actuales, que incluyen la urbanización y el aumento de la importancia relativa de sectores no agrícolas de la economía (Fig. 3), sugieren que las tendencias de cambios de uso de la tierra podrían continuar en los próximos decenios, incluida la expansión de los bosques.

En Puerto Rico, la recuperación de bosques ha impli-

cado una recuperación relativamente rápida de la biodiversidad (Grau et al. 2003) y de la estructura y biomasa del bosque (Aide et al. 2000; Grau et al. 2004). Además, probablemente ha contribuido a la conservación de las cuencas hidrológicas (López et al. 1998). El presente estudio documenta que la "transición ecológica" asociada a crecimiento económico esta ocurriendo en otras regiones de América Latina, con consecuencias ecológicas potencialmente favorables (Aide y Grau 2004). Es posible que algunos aspectos negativos de la transición observada en Puerto Rico como la expansión de áreas urbanas sobre tierras cultivables (López et al. 2001), la poca relevancia de la captación de carbono en comparación con las emisiones urbanas (Grau et al. 2004) o la abundancia de especies exóticas en los bosques secundarios (Aide et al. 2000), entre otras, tengan menor importancia relativa en la República Dominicana debido a la menor densidad poblacional, menores niveles de consumo y menor incidencia de especies exóticas en la biota (Slocum et al. 2000, 2004).

Muchas experiencias sugieren que la protección de áreas naturales es poco eficiente cuando el contexto socioeconómico promueve la expansión agrícola (Mansourian et al. 2005). Este trabajo muestra que cuando las condiciones socioeconómicas favorecen el abandono de sistemas tradicionales de producción, como el pastoreo extensivo, la reforestación puede ocurrir incluso sin medidas legales y sin restauración ecológica activa (Aide et al. 2000). En este contexto, la regeneración natural del bosque es la mejor, menos costosa y más extensiva forma de restauración forestal. En los casos donde existan barreras biofísicas, la restauración ecológica activa podría ser una herramienta importante para enriquecer o acelerar la regeneración forestal. Por ejemplo, el fuego y la invasión de helechos pioneros son limitantes importantes de la regeneración del bosque montano en la República Dominicana (Slocum et al. 2000) y la simple eliminación de los helechos ha sido suficiente para iniciar la regeneración natural (Slocum et al. 2004).

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones debidas a las diferentes metodologías en las clasificaciones de las imágenes tomadas en distintas fechas y a la falta de control de campo de dichas clasificaciones. Por la anterior, las cifras totales de cambios y las comparaciones entre las tendencias de los dos periodos (1984-1996 y 1996-2002)

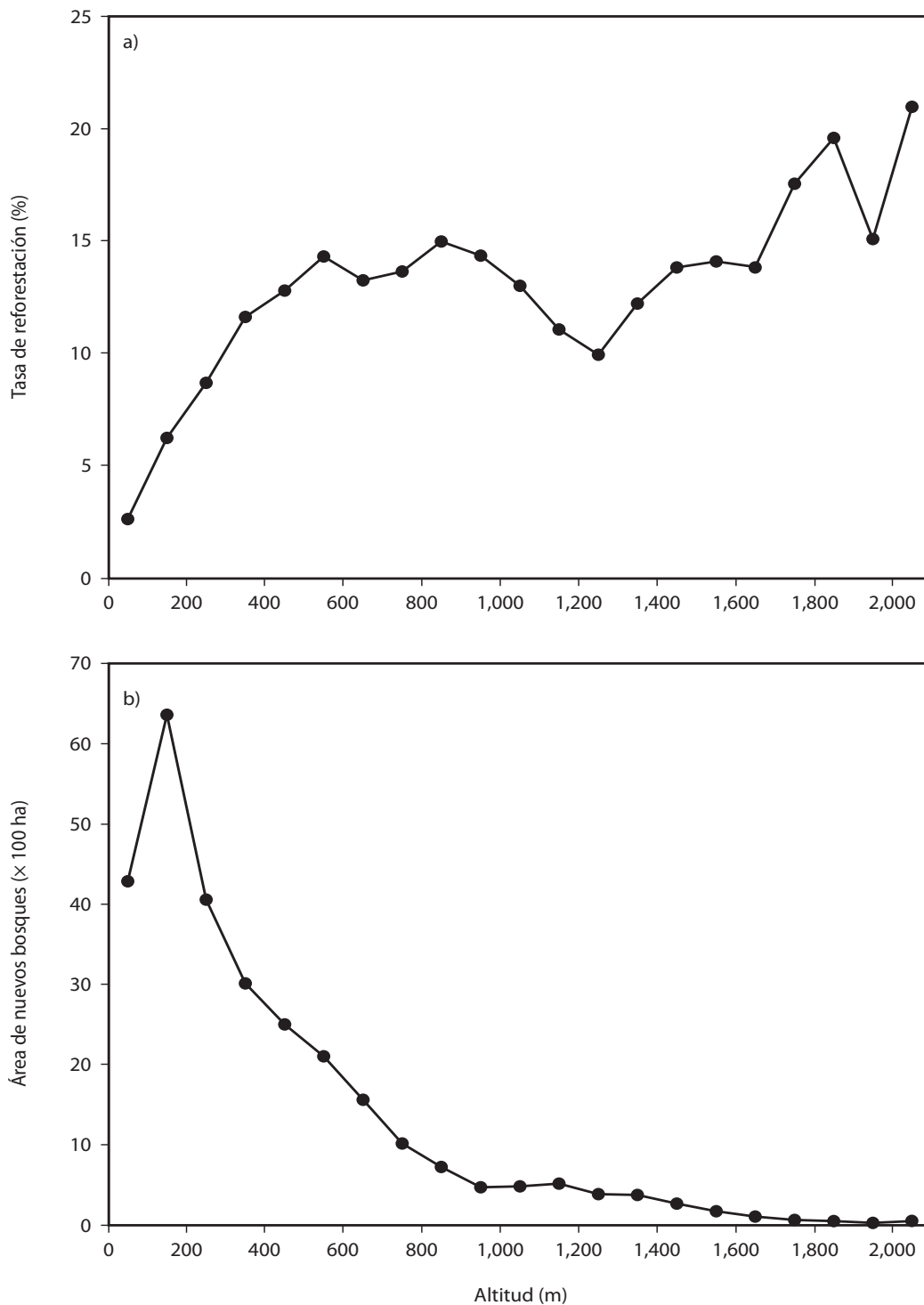


Figura 10. (a) Tasa de reforestación anual y (b) superficie reforestada (1996-2002) en relación con la altitud.

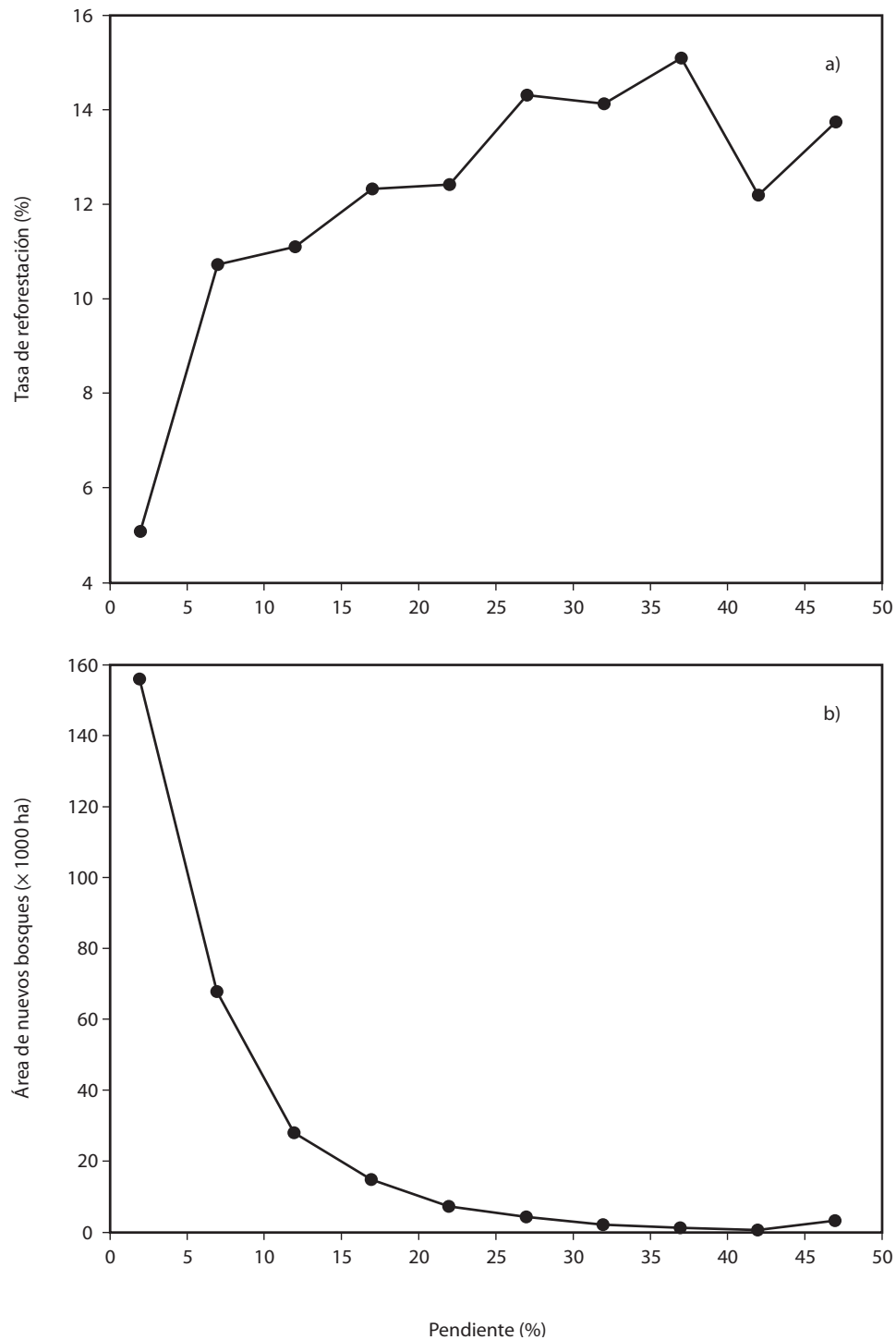


Figura 11. (a) Tasa de reforestación anual (1996-2002) y **(b)** superficie reforestada (1996-2002), en relación con la pendiente.

deben tomarse con cautela. Sin embargo, la consistencia en la tendencia de los dos periodos permite suponer que la tendencia general es fiable y que los análisis comparativos son robustos (por ejemplo, entre provincias o clases de topografía).

En conclusión, hemos documentado la expansión de los bosques sobre extensas áreas de una región neotropical caracterizada por procesos de crecimiento económico, urbanización de la población e intensificación de la producción reflejada, en este caso, en una reducción del área de pastoreo y un aumento del área agrícola. Esta expansión ha ocurrido en un periodo relativamente breve (menos de dos decenios) y parece haberse acelerado durante los noventa (Fig. 7), de manera paralela al crecimiento económico (Fig. 3b). Esto sugiere que la conservación de muchos ecosistemas y sus servicios (cuencas hidrográficas, secuestro de carbono, biodiversidad y usos recreativos, entre otros) no es incompatible con el crecimiento económico regional y, de hecho, puede ser favorecido por éste. Muchas de las características ecológicas, agronómicas y sociales de la región estudiada son comparables a otras áreas de

América Latina y del mundo. Algunos procesos similares de transición forestal han sido recientemente reportados en distintos sectores del Neotrópico (Bass 2004; Grau et al. 2003; Hecht et al. 2006; Klooster 2003; Morales et al. 2005; Rudel et al. 2000), lo que sugiere que este proceso puede tener grandes implicaciones ecológicas a escala continental (Aide y Grau 2004).

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue principalmente financiado por el Inter-American Institute. HRG recibió fondos de Fundación Antorchas (Argentina) y TMA recibió fondos de programa FIPI de la Universidad de Puerto Rico. El Laboratorio de SIG y Teledetección del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y el proyecto Puerto Rico Gap Analysis colaboraron con infraestructura para el análisis de datos espaciales. José María Rey Benayas, Julieta Carilla, Ezequiel Araoz, Ignacio Gasparri y un revisor anónimo enriquecieron las versiones previas de este trabajo con valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

- Aide, T. M. y H. R. Grau. 2004. Globalization, migration, and Latin American ecosystems. *Science* **305**:1915-1916.
- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera y H. Marcano-Vega. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* **8**:328-338.
- Bass, J. O. 2004. More trees in the tropics. *Area* **36**:19-32.
- Diamond, J. 2005. *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Viking, Nueva York, EUA.
- FAO. 2005. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia.
- FAOSTAT Data. 2005. <http://faostat.fao.org/faostat/> (última actualización marzo de 2005).
- Grau, H. R., T. M. Aide, J. K. Zimmerman, J. R. Thomlinson, E. Helmer y X. Zou. 2003. The ecological consequences of socioeconomic and land use change in postagriculture Puerto Rico. *Bioscience* **12**:1159-1168.
- Grau, H. R., T. M. Aide, J. K. Zimmerman y J. R. Thomlinson. 2004. Trends and scenarios of the carbon budget in post-agricultural Puerto Rico (1936-2060). *Global Change Biology* **10**:1163-1179.
- Grau, H. R., N. I. Gasparri y T. M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* **32**:140-148.
- Hecht, S. D., S. Kandel, I. Gomes, N. Cuellar y H. Rosa. 2006. Globalization, forest resurgence, and environmental politics in El Salvador. *World Development* **34**:308-323.
- Helmer, E. 2000. The landscape ecology of tropical secondary forests in montane Costa Rica. *Ecosystems* **3**:98-114.
- Hobbs, R. J. y D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* **4**:93-110.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem. Páginas 130-137 en E. O. Wilson, editor. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D. C., EUA.
- Janzen, D. H. 2002. Tropical dry forests: Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Páginas 559-584 en M. R. Perrow y A. J. Davy, editores. *Handbook of ecological restoration*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Klooster, D. 2003. Forest transition in Mexico: institutions and forests in a globalized countryside. *The Professional Geographer* **55**:227-240.
- López, T. M., T. M. Aide y F. N. Scatena. 1998. The effect of land use on soil erosion in the Guadiana watershed in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* **34**:298-307.
- López, T. M., T. M. Aide y J. R. Thomlinson. 2001. Urban expansion and the loss of prime agricultural lands in Puerto Rico. *Ambio* **30**:49-54.
- Mansourian, S., D. Vallauri y N. Dudley, editores. 2005. *Forests restoration in landscapes: beyond planting trees*. Springer-Verlag, Nueva York, EUA.
- Mather, A. S. y C. Needle. 1998. The forest transition: a theoretical basis. *Area* **30**:117-124.
- Morales, M., R. Villalba y J. Boninsegna. 2005. Climate, land use, and *Prosopis ferox* recruitment in the Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Dendrochronologia* **22**:169-174.
- Moya Pons, F. y M. Pérez Ceballos. 2004. *Atlas de los recursos naturales de la República Dominicana*. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo, República Dominicana.
- Puyravaud, J. P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* **177**:593-596.

- Rey Benayas, J. M. 2005. Restoration after land abandonment. Páginas 356-360 en S. Mansourian, D. Vallauri y N. Dudley, editores. *Forests restoration in landscapes: beyond planting trees*. Springer-Verlag, Nueva York, EUA.
- Rudel, T. K., M. Pérez Lugo y H. Zichal. 2000. When fields revert to forest: development and spontaneous reforestation in post-war Puerto Rico. *The Professional Geographer* **52**:386-397.
- Rudel, T. K., D. Bates y R. Machiguiashi. 2002. A tropical forest transition? Agricultural change, outmigration, and secondary forests in Ecuadorian Amazon. *Annals of the Association of American Geographers* **92**:87-102.
- Slocum, M., T. M. Aide, J. K. Zimmerman y L. Navarro. 2000. La vegetación leñosa de helechales y bosques de ribera en la Reserva Ebano Verde, República Dominicana. *Moscoso* **11**:38-56.
- Slocum, M., T. M. Aide, J. K. Zimmerman y L. Navarro. 2004. Natural regeneration of subtropical montane forest after clearing fern thickets in the Dominican Republic. *Journal of Tropical Ecology* **20**:483-486.
- Southworth, J. y C. Tucker. 2001. The influence of accessibility, local institutions and socioeconomic factors on forest cover change in the mountains of western Honduras. *Mountain Research and Development* **21**:276-283.
- Steininger, M. K., C. J. Tucker, J. R. G. Townshend, T. J. Killeen, A. Desch, B. Bell y P. Ersts. 2001. Tropical deforestation in the Bolivian Amazon. *Environmental Conservation* **28**:127-134.
- Thomlinson, J. R., M. I. Serrano, T. N. López, T. M. Aide y J. K. Zimmerman. 1996. Land use dynamics in a post agricultural Puerto Rican landscape (1936-1988). *Biotropica* **28**:525-536.
- World Bank. 2004. Dominican Republic at a glance. www.worldbank.org/data/countrydata/aag/dom_aag.pdf.