Rev. Biol. Trop. 50(2): 585-598, 2002
www.ucr.ac.cr www.ots.ac.cr www.ots.duke.edu

Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica

Luis Rosero-Bixby, Tirso Maldonado-Ulloa y Roger Bonilla-Carrión
Centro Centroamericano de Población, CCP, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. Fax: (506) 207-4809
e-mail: lrosero@ccp.ucr.ac.cr

Recibido 10-XI-2000. Corregido 08-I-2002. Aceptado 15-II-2002.

Abstract: The research is focused on the relationship between population growth and conservation of the forest on the Osa Peninsula. Data of the geo-referenced censuses and information on land-use, derived from satellite images and aerial photography, were integrated into a GIS. We undertook an historical inventory of the changes in the population and the forest coverage, and the key events in the land tenure and economy of the region. Deforestation, reforestation, and fragmentation of the forest during the period 1980 - 1995 were analyzed. Relationships with the population potential, derived from the 1984 Costa Rican censuses, were identified, and the effects of third variables were controlled such as distances to the roads, rain, distances to the forest frontier, level of protection, etc. Both strong and significant associations between 1984 population potential and the three processes were detected. The probability of deforestation is null in unpopulated areas, 35% in areas with 25 - 30 potential farmers and to 65% in areas with 50 farmers and over. The probability of reforestation decreases from 100% to 28% and to 18% in these three categories. This kind of relationship persists in the multivariable analysis. An increase of 0.63% in the number of household, results in an increment of 1% in the risk of deforestation (elasticity). The elasticity in the chances of reforestation is -0.37 and 1% in fragmentation of the forest. An evaluation in the risk of deforestation for the period 1995 - 2005 was done. The most recent population data were used and it identifies several geographic areas with high deforestation risk.

Key words: Population, environment, forest, Osa Peninsula, Geographic Information Systems.

La Península de Osa se ubica en la parte sur de la costa Pacífica de Costa Rica. Con una altitud máxima de 782 m.s.n.m., se caracteriza por tener sectores de topografía abrupta y quebrada y sectores planos con humedales es una región muy lluviosa (Arias en prep.), cerca del 70% de las tierras tienen capacidad de uso forestal (Maldonado en prep.). En la región se registra aproximadamente un tercio de las especies de árboles de Costa Rica, incluyendo la mitad de las especies amenazadas. Se estiman entre 4 000 - 5 000 las especies de plantas vasculares en la Península (Herrera-MacBryde *et al.* 1997). La variedad de fauna es excepcional: se han registrado 375 especies de aves (18 de las cuales son endémicas), 124 especies de mamíferos (más de 50 son murciélagos), 40 especies de peces de agua dulce, aproximadamente 8 000 especies de insectos (Mansour 1995), 71 especies de reptiles y 46 especies de anfibios (Soto en prep.). Las especies registradas en la región representan entre el 50% y el 30% de todas las conocidas en el país. Por sus características complejas y aislamiento con respecto a otras áreas con bosques, estos ecosistemas tienen alta fragilidad de conservación y su flora y fauna constituyen una reserva de importancia mundial.

La ocupación histórica de la Península tuvo lugar de la siguiente manera: En la década de 1930 se descubrió oro de placer y se establecieron plantaciones bananeras experimentales de la United Fruit Co. Entre 1947 y 1960 la migración se incrementó en la zona ayudada por la construcción de la Carretera Interamericana. La tala de bosques se extendió para criar

ganado, cerdos y otros productos para la venta. En 1957, la compañía maderera estadounidense Osa Productos Forestales (OPF) compró en la región 42 000 ha. Los conflictos de tierras entre OPF, campesinos y emigrantes recientes generaron una colonización no dirigida y un cambio de uso de la tierra. Los conflictos de tierras provocaron la intervención del Estado. El gobierno opta por establecer áreas protegidas. En 1975 se establece el Parque Nacional Corcovado, en 1978 la reserva forestal Golfo Dulce y en 1981 la reserva indígena Guaymí. Este escenario de ordenamiento territorial forma el marco geográfico para este análisis, en el cual las áreas protegidas juegan un importante papel (Lewis 1982, Barquero 1988, Wallace 1992, Wells y Brandon 1992, Cuello *et al.* 1998, Borowi en prep.).

Entre 1940 y 1995, la cobertura de bosque de Osa pasó de 81% a 55% (Fig. 1), es decir una reducción de 40 000 ha. La población en el mismo período pasó de 2 000 a 11 000 habitantes. Los incrementos más rápidos de población se presenciaron entre 1950 y 1963, período en el que la población se duplica, y entre 1973 y 1984, se incrementa en un 55%. El censo de 1984 muestra un rápido crecimiento demográfico de un 4% anual, resultado de una inmigración considerable y una alta natalidad. De los casi 9 000 habitantes empadronados en 1984, solo el 40% eran nacidos en la región y la tasa anual de inmigración en los cinco años anteriores al censo era de 46 por mil. La tasa bruta de natalidad en la misma época era de 34 por mil habitantes. Al igual que en otras zonas rurales del país, la natalidad de la Península comenzó a disminuir a finales de la década de 1960 (Rosero-Bixby 1991). En 1995 la tasa bruta de natalidad es de 21 por mil: menos de la mitad que a fines de los años 60. Recién a principios de la década de 1990, esta disminución comienza a tener un impacto en el ritmo de crecimiento de la población adulta y en la demanda por tierras adicionales de cultivo. Según el censo antes citado, toda la población de la Península era considerada rural. El 72% de la fuerza de trabajo se ocupaba de labores agrícolas, la tasa de analfabetismo de 19% era mayor que el promedio nacional, la población era mayoritariamente joven (55% menores de 20 años) y, al igual que en otras zonas de frontera, había más hombres que mujeres (índice de masculinidad de 117).

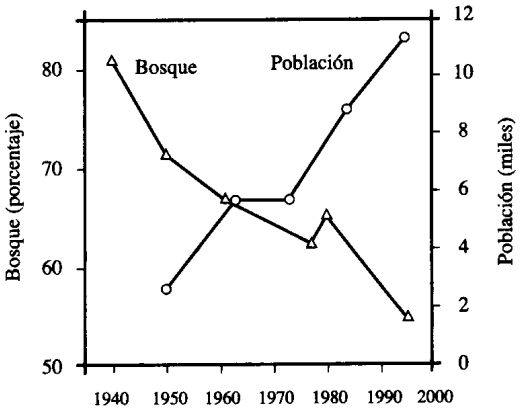

Fig. 1. Población y cobertura del bosque, Osa, 1940 - 1995.

Fig. 1. Population and forest coverage, Osa, 1940 - 1995.

El estudio propone identificar la influencia de la demografía en los procesos de deforestación, reforestación y fragmentación de los bosques de Osa en años recientes, sobre la base de micro-datos espaciales. Análisis de población y deforestación en Costa Rica han sido realizados previamente por Rosero-Bixby y Palloni (1998) y Harrison (1991). Kaimowitz y Angelsen (1998) han revisado los estudios socioeconómicos de deforestación tropical realizados durante la presente década en África, Asia y América Latina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio son los distritos de Osa y Sierpe, con 171 330 ha o el 3.4% de Costa Rica. Para esta área se desarrolló un sistema de información geográfica (GIS), con cuatro conjuntos de mapas digitales: (1) elementos físicos, incluyendo caminos, ríos, zonas de vida, lluvia y pendiente; (2) elementos institucionales, incluyendo áreas protegidas y asentamientos campesinos; (3) cobertura de bosque en 1980 y 1995 y sus cambios: deforestación, fragmentación y reforestación; y (4) hogares

de la Península con su localización geográfica en 1984 y 1995 y las características de los ocupantes de los hogares en 1984 según el censo. Toda la información se procesó como mapas de tipo ráster con resolución de celdas de 250 m de lado (6.25 ha) con el programa Idrisi (Anónimo 1997).

La variable dependiente de interés fue el cambio en el uso del suelo entre 1980 y 1995. La información primaria proviene de un mapa de uso del suelo de 1984 (IGN en prep.) y un mapa detallado de uso de la tierra de 1995 (Maldonado en prep.). El mapa de 1984, 1:200 000, fue elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) con base en la interpretación de imágenes de satélite de 1979, con comprobación de campo y actualización fotoplanimétrica hecha con fotografías aéreas obtenidas entre 1980 y 1983. En este estudio se considera que el mapa representa la situación de 1980. El mapa de 1995, escala 1:50 000, fue elaborado por Tirso Maldonado y Luis Paniagua de la Fundación Neotrópica, con base en fotografías aéreas (1:40 000) de marzo de 1995 del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica - Hansa Luftbild (Alemania), reproducidas en blanco y negro por el IGN. No se fotointerpretó la cobertura de bosques dentro del Parque Corcovado, pero se hizo fotolectura en la que se comprobó que, con excepción de sectores de lagunas y algunas playas, el Parque está totalmente cubierto de bosques. Se digitalizó una copia impresa de este mapa en escala 1:100 000. Para validar el mapa se usó el mapa digital de cobertura de bosque 1996 - 97 del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Este mapa no se usó como fuente primaria porque carece de información para el 19% de la superficie en estudio (cubierta por nubes). La cobertura de bosques de este mapa y el de Maldonado en las zonas no cubiertas por nubes tienen una alta correspondencia entre sí: hay solamente 14% de celdas discrepantes y el coeficiente de correlación es de 0.88.

La comparación de los mapas digitales de 1980 y 1995 identificó tres cambios de estado para cada celda: (1) deforestación, (2) reforestación (principalmente plantaciones de melina) y (3) fragmentación (isla de bosque menor de 56 ha o 9 celdas). Se determinaron las probabilidades de presencia de estos cambios de estado como el cociente entre el número de celdas que cambiaron y el número de celdas en el estado inicial (casos posibles). Los denominadores de las probabilidades fueron: (1) deforestación: celdas con bosque en 1980 (17 862), (2) reforestación: celdas con cultivos o pastos en 1980 (5 226) y (3) fragmentación: celdas cubiertas con bosque no fragmentado (14 679).

Mediante análisis espacial se generaron también mapas digitales de acceso o cercanía, que indican la distancia desde la celda índice hasta: carretera (nacional o cantonal) más cercana, curso de agua más cercano y borde del bosque más cercano.

Los mapas de población se generaron luego de geocodificar las viviendas de la cartografía actualizada del censo de 1984. Se obtuvo la ubicación precisa de cada persona (con sus características) en la Península, luego de enlazar las viviendas geocodificadas con las boletas del censo usando un número único de identificación de la vivienda que aparece en la bitácora del empadronador. Para 1995 también se geocodificaron las viviendas de los mapas que habían sido actualizados para un censo que no se efectuó en 1996 (para este año no se tiene información de las personas o de las características de los hogares). El Instituto de Estadística y Censos proporcionó la cartografía, las bitácoras y las bases de datos originales del censo de 1984. El estudio respetó la confidencialidad del dato censal.

Un problema para relacionar la población con la tala del bosque es que usualmente las personas no viven en el bosque que van a talar. Las celdas de bosque se relacionaron con la población usando el concepto de potencial de población (Rosero-Bixby y Palloni 1998); *i.e.* la suma de la población en las cercanías de la celda, ponderada por el inverso de la distancia. En el presente estudio se incluyó a la población dentro de un radio de 5 km de cada celda, y la cercanía entre la celda y cada hogar se midió como la distancia euclidiana a partir del centro de la celda. Cada hogar se ponderó por el inverso

de esta distancia en kilómetros más uno; *i.e.* un hogar en el centro de la celda recibe una ponderación de 1, un hogar a 2 km recibe una ponderación de 1/2. Se procedió de manera análoga para calcular el potencial de población con determinadas características (ejemplo: campesinos sin tierras).

Se estimaron modelos de regresión logística para determinar la asociación neta (luego de controlar el efecto de terceras variables geofísicas e institucionales incluidas en la regresión) entre las variables demográficas y las probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación de una celda. Las regresiones se estimaron por máximo-verosimilitud con el paquete de cómputo Stata. No se intentó corregir las regresiones por autocorrelación espacial. En el presente análisis, que se propone identificar zonas en riesgo de deforestación por la presión demográfica, no es claro que se deba controlar la autocorrelación espacial. Kaimowitz y Angelsen (1998) señalan que la autocorrelación espacial puede en realidad ayudar a identificar mejor las zonas en riesgo de deforestación.

Los indicadores de número de habitantes (o de hogares) y de distancias se incluyeron en la regresión en sus logaritmos naturales, de modo que el coeficiente de regresión mide la elasticidad, o sea el cambio porcentual en el riesgo de deforestación por 1% de cambio en la variable explicatoria.

RESULTADOS

Entre 1980 y 1995 se taló el 16% de las casi 18 000 celdas de bosque, en tanto que 32% de las 5 000 celdas de pastos y cultivos se reforestaron y 3% de las 14 000 celdas de bosque no-fragmentado se fragmentaron (Cuadro 1). La deforestación afectó a 17 600 ha de bosques naturales, localizados principalmente en la parte media y baja de la cuenca del Río Rincón al norte y en las partes medias y altas de las cuencas Platanares, Nuevo y Río Tigre, ubicadas al sur.

Unas 10 400 ha recuperaron cobertura forestal natural, incluyendo alrededor de 2 800 ha de melina (*Gmelina arborea*). La fragmentación fue moderada: 2 340 ha, la mayoría en zonas de la cuenca del Río Rincón y en la cuenca media y baja del Río Chocuaco.

Relaciones univariadas: Son raros los seres humanos contemporáneos que viven en el bosque. Una simple inspección de cualquier mapa de bosques y población muestra con claridad esta asociación inversa. La Península de Osa no es la excepción (Fig. 2). Son contados los hogares censados en 1984 que están en

CUADRO 1
Probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación, Osa, 1980 - 1995

TABLE 1
Deforestation, reforestation and fragmentation probabilities, Osa, 1980 - 1995

Potencial de hogares 1984		Deforestación		Reforestación		Fragmentación	
		Prob.	(N)	Prob.	(N)	Prob.	(N)
Totales		15.8%	(17 862)	32.0%	(5 226)	2.6%	(14 679)
	Despoblado	0.0	(2 030)	100.0	(89)	0.0	(2 030)
	1 - 4	1.5	(2 515)	31.6	(455)	0.0	(2 421)
	5 - 9	7.2	(3 390)	48.8	(823)	0.1	(3 021)
	10 - 14	15.0	(3 232)	28.1	(814)	1.1	(2 683)
	15 - 24	25.2	(3 766)	33.3	(831)	4.8	(2 767)
	25 - 49	31.6	(2 046)	23.1	(779)	9.7	(1 354)
	50 - 74	51.8	(808)	25.5	(1 062)	20.8	(369)
	75 y +	53.3	(75)	21.4	(373)	11.7	(34)

N = Número de celdas (de 6.25 ha c/u) en el denominador.

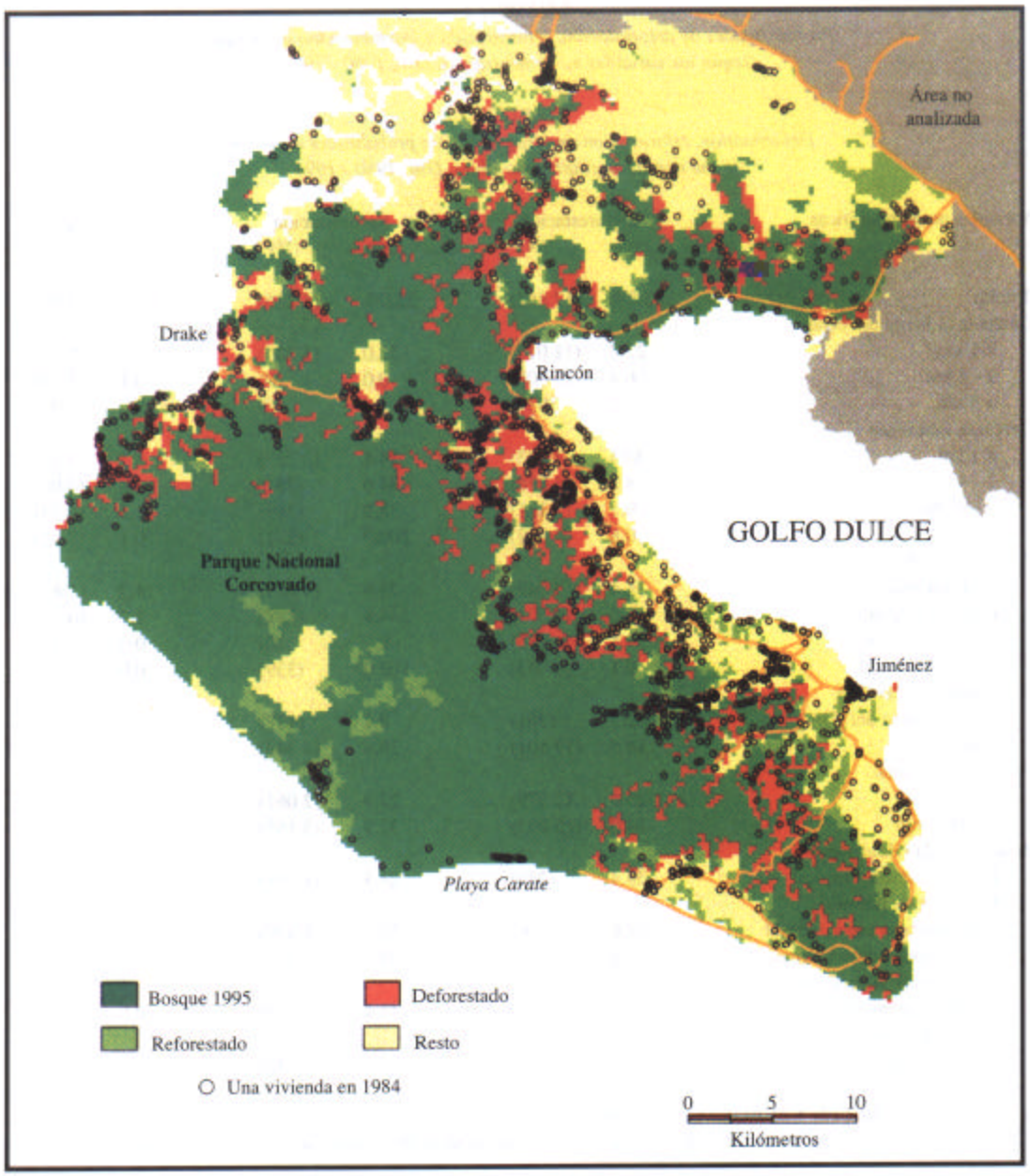

Fig. 2. Deforestación y población, Osa, 1980 - 1995.

Fig. 2. Deforestation and population, Osa, 1980 - 1995.

áreas cubiertas por bosque en 1980. A un nivel más elaborado, el Cuadro 1 muestra la asociación entre potencial de población y cambios en la cobertura de bosque en el período subsiguiente de 15 años. La tasa de deforestación aumenta fuertemente con la presión poblacional (medida por el número potencial de hogares). La probabilidad de tala es nula para los bosques sin población en 5 km a la redonda y llega a ser de 54% en las pocas celdas de bosque con 75 y más de hogares potenciales. A la inversa, la probabilidad de reforestación cae de 100% en lugares despoblados a 21% en lugares con 75 y más viviendas potenciales. El

CUADRO 2

Probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación de bosques según las variables no demográficas, Osa, 1980 - 1995

TABLE 2

Deforestation, reforestation and fragmentation probabilities according to the non-demographic variables, Osa, 1980 - 1995

Variables no demográficas	Deforestación		Reforestación		Fragmentación	
	Prob.	(N)	Prob.	(N)	Prob.	(N)
Totales	15.8%	(17 862)	32.0%	(5 226)	2.6%	(14 679)
Cercanía al borde del bosque						
< 1 km	22.2	(11 017)	32.0	(5 226)	4.5	(8 326)
2 - 4 km	6.4	(5 908)	0.0	(0)	0.1	(5 419)
> 5 km	0.2	(937)	0.0	(0)	0.0	(934)
Cercanía a caminos						
< 1 km	30.3	(4 683)	24.8	(3 755)	3.7	(3 193)
2 - 4 km	18.2	(4 976)	34.6	(751)	4.8	(4 007)
5 - 9 km	9.1	(5 121)	38.8	(389)	1.5	(4 551)
> 10 km	0.8	(3 082)	100.0	(331)	0.1	(2 928)
Areas protegidas						
No protegidas	38.4	(3 043)	23.6	(4 029)	14.3	(1 659)
Reserva forestal	19.6	(8 301)	44.8	(858)	2.2	(6 567)
Reserva indígena	4.4	(435)	0.0	(0)	0.0	(411)
Parque Nacional	0.1	(6 083)	100.0	(339)	0.0	(6 042)
Asentamientos del IDA						
Asentamiento del IDA	82.5	(361)	8.1	(877)	9.5	(495)
Resto	14.8	(17 501)	36.4	(4 349)	2.4	(14 184)
Precipitación anual						
< 4 000 mm	26.6	(2 579)	22.9	(2 061)	10.0	(1 834)
> 4 000 mm	14.0	(15 283)	37.9	(3 165)	1.5	(12 845)
Zonas de vida (Holdridge)						
Bosque húmedo-tropical	35.4	(240)	24.3	(1 288)	2.6	(151)
Bosque muy húmedo-premontano transic. basal	28.6	(3 600)	32.5	(1 929)	8.8	(2 389)
Bosque muy húmedo-tropical	13.1	(11 888)	35.6	(1 934)	1.6	(10 163)
Bosque muy húmedo-tropical transic. premontano	2.5	(1 731)	44.4	(18)	0.0	(1 685)
Bosque pluvial-premontano transic. basal	27.3	(330)	57.1	(35)	1.7	(235)

N = Número de celdas (de 6.25 ha c/u)en el denominador.
IDA = Instituto de Desarrollo Agrario: Oficina encargada de los asentamientos humanos y la colonización.

efecto de poblamiento sobre las probabilidades de fragmentación es similar al descrito para la deforestación, aunque menos pronunciado.

Las relaciones anteriores podrían deberse en parte a otros factores que están asociados tanto a densidad demográfica como a la existencia de bosques, tales como caminos, pen-

riación de las probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación según estas otras variables. Por ejemplo, la probabilidad de deforestación disminuye de 22% en tierras ubicadas a menos de 1 km del borde del bosque, a 0.2% en celdas ubicadas a más de 5 km bosque adentro. La cercanía a caminos muestra una tendencia parecida, la probabilidad de

de 1 km a 5 - 9 km. La dinámica de deforestación es muy diferente de acuerdo con el grado de protección de las tierras. El 38% del bosque no protegido y el 20% de la reserva se talaron, en tanto que el Parque Nacional Corcovado evitó en un 100% la tala. Los asentamientos del IDA muestran una alta deforestación de 82%. Las probabilidades de fragmentación varían en el mismo sentido, aunque de manera menos pronunciada.

La probabilidad de reforestación es mayor en la proximidad de otros bosques y a medida que unos se alejan de los caminos (Cuadro 2). Todas las tierras dentro del Parque Nacional Corcovado, se reforestaron. Solo un 8.1% de las tierras en asentamientos del IDA se reforestaron.

Resultados multivariables: Los efectos demográficos netos se estimaron con dos grupos de modelos de regresión logística. El primero, o modelo reducido, incluye únicamente una variable de presión poblacional: el total de viviendas en 1984. Los parámetros de este modelo se usan luego en la estimación del riesgo futuro de deforestación. El segundo, refina el análisis mediante la identificación de aspectos específicos de la demografía que influyen en la conservación del bosque.

El Cuadro 3 presenta los resultados del modelo reducido. La elasticidad población-deforestación resultó de 0.62: un aumento del 1% en la presión demográfica resulta en un incremento de 0.62% en el riesgo de deforestación. Este efecto es considerable, en especial si se toma en cuenta que es neto de otras influencias como accesibilidad y protección de la zona. El efecto en la fragmentación es incluso más fuerte: elasticidad de 1.1. Por su parte, la elasticidad de la presión poblacional sobre la reforestación es de 0.37.

Aunque el objetivo de este estudio es medir el impacto de la población, vale la pena pasar revista a los efectos de otras variables. Destaca el fuerte efecto protector del bosque ejercido por el Parque Nacional Corcovado. Las celdas de bosque dentro del Parque tienen un riesgo relativo de deforestación de tan solo 0.013 (exponencial de -4.33) comparado al de celdas fuera del Parque. La correlación entre el Parque y la conservación del bosque es tan alta que produce efectos de multicolinealidad en algunas regresiones por lo que las celdas del Parque fueron excluidas de los modelos de reforestación y fragmentación.

La vecindad o cercanía con el borde del bosque es otro factor con fuerte efecto en los tres fenómenos estudiados. Los riesgos de deforestación y de reforestación disminuyen en 0.55% por cada 1% de aumento en la distancia con el borde del bosque. La alta elasticidad (-1.55) en el riesgo de fragmentación indica que las orillas del bosque son especialmente vulnerables a la fragmentación.

También merece destacarse el fuerte efecto deforestador de los asentamientos adjudicados por el IDA (que en cierto modo son otra manifestación de la presión poblacional). En estos asentamientos, el riesgo de deforestación es 51% (exponencial de 0.413 menos 1) mayores que en otras áreas; el riesgo de reforestar son 71% menores y los de fragmentación son tres veces los de otras zonas.

El Cuadro 4 muestra los resultados de los modelos de regresión para características poblacionales específicas. La cantidad de asalariados agrícolas tiene efectos significativos y coherentes en los tres modelos (esta es la única característica que se comporta de manera coherente). La elasticidad de esta variable en la deforestación no es grande (0.15) pero sí lo es en la fragmentación (1.05). Vale decir que bosques en la vecindad de empresas agrícolas que contratan asalariados están en alto riesgo de fragmentarse. Pero lo están más aún los bosques cercanos a campesinos con tierras, con una elasticidad de fragmentación de 2.8. La presión de estos campesinos es también el factor demográfico más fuerte en la deforestación (elasticidad de 0.48), pero no es obstáculo, sino todo lo contrario, para la reforestación o el desarrollo de plantaciones forestales (este último efecto no es significativo).

Los campesinos sin tierras es un grupo de gran interés pues la literatura suele ligarlos a la tala de bosques (Myers 1991). Los resultados de la regresión muestran que, en efecto, este grupo tiene un impacto considerable en la

CUADRO 3

Coeficientes del modelo reducido de regresión logística en las probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación, Osa, 1980 - 1995

TABLE 3

Logistic regression coefficients (reduced model) in the deforestation, reforestation and fragmentation probabilities, Osa, 1980 - 1995

Variables explicatorias	Deforestación		Reforestación		Fragmentación	
	Coef.	(z)	Coef.	(z)	Coef.	(z)
Número de viviendas en 1984 (log)	0.616	(14.4)	-0.369	(-7.0)	1.067	(8.1)
Accesibilidad						
Km del borde del bosque (log)	-0.548	(-10.8)	-0.558	(-6.9)	-1.545	(-9.5)
Km desde carretera (log)	-0.112	(-3.6)	0.144	(2.7)	0.431	(5.1)
Km desde cuerpos de agua (log)	-0.379	(-8.5)	0.055	(0.7)	-0.046	(-0.4)
Área protegida						
Parque Nacional Corcovado	-4.335	(-12.7)	(a)		(a)	
Reserva forestal	-0.562	(-9.9)	0.599	(6.0)	-1.154	(-8.2)
No protegido	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Asentamientos del IDA						
Asentamiento del IDA	0.413	(5.0)	-1.222	(-10.0)	1.072	(5.1)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Precipitaciones						
Más de 4 000 pmc	0.056	(0.9)	0.101	(1.2)	-1.647	(-12.0)
Más de 4 000 pmc	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Pendiente del terrero:						
Más de 3% de inclinación	-0.050	(-1.0)	-0.181	(-2.2)	0.306	(2.3)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Zonas de vida						
Bosque húmedo-tropical	-1.061	(-6.6)	0.679	(4.6)	-1.912	(-3.4)
Bosque muy húmedo-premontano trans. basal	-0.038	(-0.6)	0.206	(1.8)	0.742	(4.5)
Bosque muy húmedo-tropical	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Bosque muy húmedo-tropical transic. premontano	-0.763	(-4.7)	0.160	(0.3)	(a)	
Bosque pluvial-premontano transic. basal	0.367	(2.7)	0.318	(0.9)	-1.043	(-2.0)
Constante	-2.226	(-14.7)	-0.004	(0.0)	-4.959	(-11.0)
N celdas	17 806		4 887		7 861	
Pseudo r^2	0.247		0.073		0.301	

(log) = Logaritmo natural. El coeficiente estima la elasticidad en el riesgo correspondiente.
IDA = Instituto de Desarrollo Agrario: Oficina encargada de los asentamientos humanos y la colonización.
(a) = Variable descartada para evitar multicolinealidad.

deforestación, pero no en la reforestación ni en la fragmentación. Aumentos del 1% en los campesinos sin tierra incrementan en 0.38% el riesgo de deforestación.

La cantidad de hogares que cocinan con leña, la pobreza y la inmigración no presentan asociaciones significativas con la deforestación, aunque sí presentan algunos efectos significativos [illegible] ción. Algunos de estos efectos son perversos, como el de que la abundancia de cocinas con leña reducen el riesgo de fragmentación.

En cuanto a la fecundidad, conviene indicar que el indicador usado es si el promedio de hijos vivos de las mujeres de 40 - 49 años de edad muestra signos de haber comenzado a disminuir (es menos de seis hijos), lo que a su [illegible]

CUADRO 4

Coeficientes del modelo ampliado de regresión logística en las probabilidades de deforestación, reforestación y fragmentación, Osa, 1980 - 1995

TABLE 4

Logistic regression coefficients (applied model) in the deforestation, reforestation and fragmentation probabilities, Osa, 1980 - 1995

Variables explicatorias	Deforestación		Reforestación		Fragmentación	
	Coef.	(z)	Coef.	(z)	Coef.	(z)
Población en 1984						
Asalariados agrícolas (log)	0.146	(2.6)	-0.360	(-5.2)	1.054	(6.3)
Terratenientes (log)	0.482	(3.8)	0.186	(1.1)	2.798	(5.6)
Campesinos sin tierra (log)	0.383	(7.1)	-0.101	(-1.4)	0.103	(0.6)
Cocinas con leña (log)	-0.176	(-1.5)	-0.262	(-1.5)	-2.018	(-4.6)
Fecundidad en transición						
Sí (< 6 hijos)	-0.361	(-3.2)	0.139	(0.9)	0.320	(1.1)
No	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Pobreza						
90% y más de hogares pobres	-0.161	(-1.8)	-0.524	(-5.2)	-0.858	(-3.2)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Migrantes de toda la vida						
35% y más de migrantes	-0.040	(-0.7)	0.389	(4.3)	0.331	(1.9)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Accesibilidad						
Km del borde del bosque (log)	-0.500	(-9.5)	-0.583	(-6.6)	-1.681	(-9.9)
Km desde carretera (log)	-0.178	(-5.5)	0.237	(4.2)	0.327	(3.4)
Km desde cuerpos de agua (log)	-0.466	(-10.3)	0.114	(1.5)	-0.271	(-2.1)
Área protegida						
Parque Nacional Corcovado	-3.403	(-9.7)	(a)		(a)	
Reserva forestal	-0.460	(-7.7)	0.614	(5.9)	-0.654	(-4.0)
No protegido	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Asentamientos del IDA						
Asentamiento del IDA	0.386	(4.6)	-1.294	(-10.4)	0.762	(3.6)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Precipitaciones						
Más de 4 000 pmc	0.046	(0.7)	0.014	(0.2)	-1.293	(-7.9)
Menos de 4 000 pmc	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Pendiente del terrero						
Más de 3% de inclinación	-0.068	(-1.3)	-0.249	(-2.8)	0.334	(2.3)
Resto	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Zonas de vida						
Bosque húmedo-tropical	-0.825	(-4.9)	0.991	(6.0)	-1.853	(-3.1)
Bosque muy húmedo-premontano trans. basal	-0.031	(-0.5)	0.524	(4.1)	0.62	(3.4)
Bosque muy húmedo-tropical	0.000	Refer.	0.000	Refer.	0.000	Refer.
Bosque muy húmedo-tropical transic. premontano	-0.715	(-4.4)	0.221	(0.4)	(a)	
Bosque pluvial-premontano transic. basal	0.499	(3.4)	-0.008	(0.0)	-0.490	(-0.9)
Constante	-1.777	(-10.8)	-0.053	(-0.3)	-4.704	(-8.5)
N celdas	17 806		4 887		7 861	
Pseudo r^2	0.261		0.092		0.339	

(log) = Logaritmo natural. El coeficiente estima la elasticidad en el riesgo correspondiente.
IDA = Instituto de Desarrollo Agrario: Oficina encargada de los asentamientos humanos y la colonización.
(a) = Variable descartada para evitar multicolinealidad.

una o dos décadas atrás. La dicotomía usada en la regresión compara las áreas pioneras en la transición de la fecundidad con el resto de áreas incluyendo tanto las de alta fecundidad como las despobladas (en las que no se podía calcular un indicador de fecundidad). Las áreas en que primero se presenció la transición de la fecundidad presentan 30% (exponencial de -0.36) menos riesgo neto de deforestación que las áreas restantes. Este es un efecto considerable, en especial tomando en cuenta que el grupo referente incluye áreas despobladas con baja probabilidad de deforestación. No hay efectos significativos de la fecundidad sobre la reforestación o la fragmentación.

Como parte del análisis se investigaron también efectos de interacción estadística entre la presión demográfica y los factores no demográficos. Es decir se buscó identificar factores que modifican los efectos demográficos. No se identificaron interacciones significativas que fuesen coherentes entre los distintos modelos o que tuviesen sentido lógico. Los resultados de estos análisis no se presentan.

Riesgo futuro de deforestación: Las estimaciones no se corrigieron por autocorrelación espacial porque su uso primordial es más predictivo que analítico. En efecto, los parámetros del modelo reducido de deforestación (Cuadro 3) se usaron para valorar el riesgo futuro de cada celda de bosque de la Península. Estos riesgos se determinaron aplicando los parámetros de la regresión a los valores actualizados de las variables explicatorias de cada celda. Se actualizaron dos variables con valores a 1995: el potencial de viviendas y la distancia al borde del bosque. Vale decir que la estimación refleja, el incremento en la presión demográfica y la vulnerabilidad de ciertas áreas por habérseles acercado la frontera del bosque debido a deforestación reciente. La Fig. 3 muestra las áreas actualmente cubiertas de bosque clasificadas en tres categorías de riesgo futuro de deforestación.

1) Zonas con menos de 20% de probabilidad de deforestación predicha, donde es improbable que se tale el bosque en la próxima década. Estas áreas, que representan 53% del bosque actual (55 000 ha), comprenden el Parque Nacional Corcovado, más islas de bosque hacia el norte y sudoeste de la Península. El 28% de este bosque hipotético está fuera del Parque. De acuerdo con el valor predictivo del modelo[1], es de esperarse que el 94% de esta zona tendrá bosque al final del período.

2) Zonas con probabilidades predichas de deforestación de 40% o más (color rojo en la Fig. 3). Estas áreas con muy alto riesgo de ser deforestadas en la próxima década, abarcan 14 000 ha o el 14% del bosque actual. Se ubican principalmente hacia el este y nordeste de la Península, sobre todo en las cercanías de la carretera entre Rincón y Puerto Jiménez. Es de esperar que más de la mitad de estas tierras efectivamente se deforesten.

3) Zonas con probabilidades predichas de deforestación de entre 20 y 40%; es decir, con riesgo intermedio de deforestación. Estas zonas que comprenden casi 34 000 ha o la tercera parte del bosque actual, se ubican principalmente en la parte norte de la Península (cuenca del Río Rincón) y en los linderos del Parque Nacional Corcovado, constituyendo así una zona de amortiguamiento a la presión demográfica que ayuda a preservar el Parque. Si estas tierras fuesen efectivamente deforestadas, el bosque del Parque estaría en alto riesgo de deforestación en un período subsiguiente, pues habría desaparecido esta zona de amortiguamiento que en la actualidad dificulta el acceso al Parque. De acuerdo con el valor predictivo del modelo, puede proyectarse que más de la cuarta parte de estas zonas efectivamente se talarán en la próxima década.

DISCUSIÓN

Entre 1980 y 1995 se taló el 16% del bosque de Osa y se fraccionó un 3% adicional.

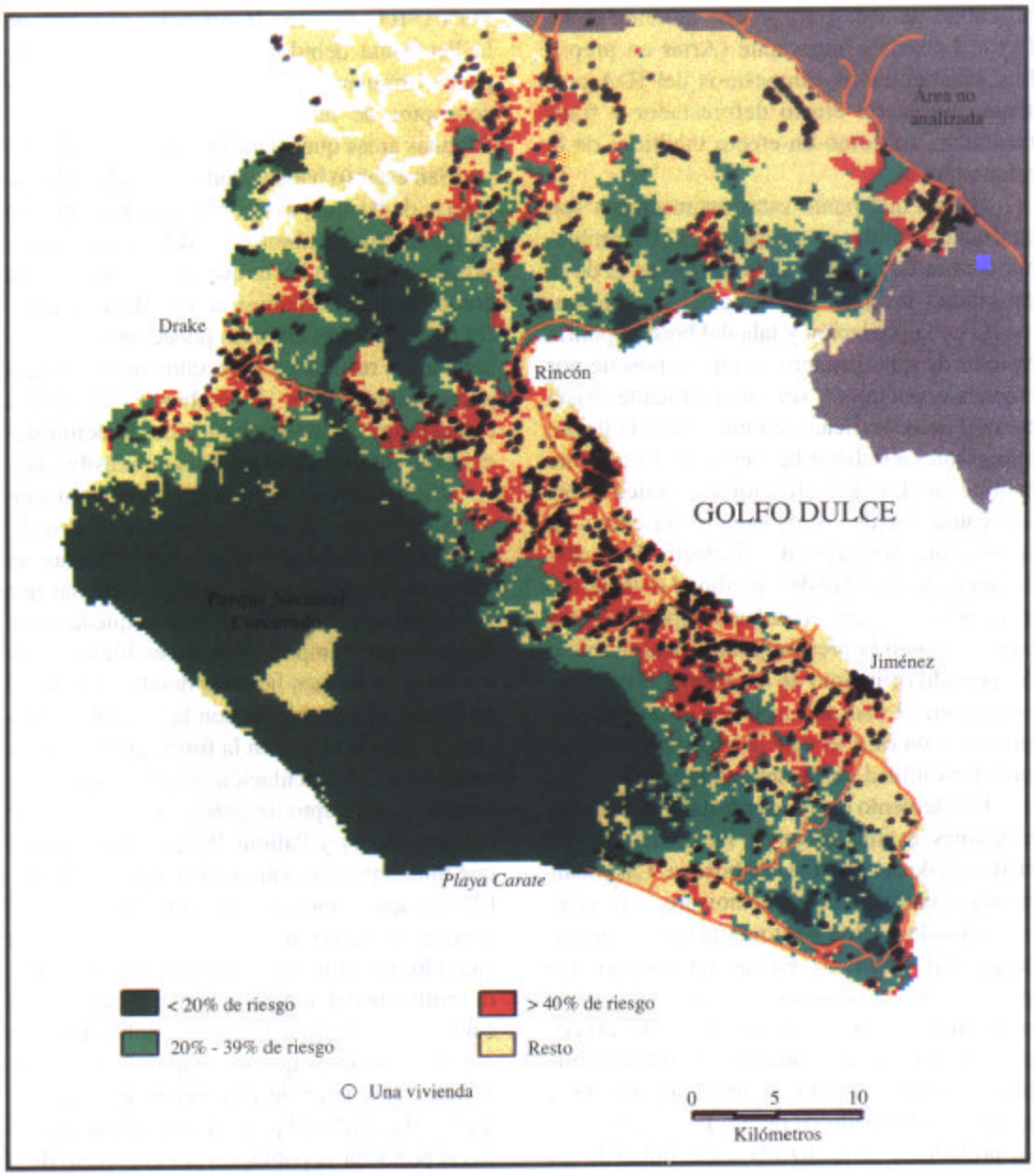

Fig. 3. Riesgo de deforestación por presión demográfica, Osa, 1995 - 2010.

Fig. 3. Deforestation risk by demographic pressure, Osa, 1995 - 2010.

Los datos muestran fuertes y significativas asociaciones entre la población a inicios del período y los procesos de deforestación, reforestación y fragmentación. La probabilidad de deforestación fue nula en áreas despobladas, pero se elevó a 54% en áreas con 75 o más hogares potenciales. Este tipo de asociaciones persiste luego de controlar el efecto de otros factores con regresión múltiple: por cada 1% de aumento en el número de viviendas, el riesgo de deforestación y fragmentación se eleva en 0.6% y 1% respectivamente, en tanto que los de reforestación decrecen en 0.4%.

El factor no demográfico más importante en reducir el riesgo de deforestación es, con mucho, el Parque Nacional Corcovado. La

dificultad de acceso al bosque también es un factor disuasivo importante (Arias en prep.). Los asentamientos campesinos del IDA presentan un fuerte efecto deforestador y fragmentador, así como un efecto inhibidor de la reforestación.

¿Hasta qué punto estas estimaciones son confiables, válidas y extrapolables? Un problema común en estudios de este tipo es el de la causalidad reversa. Una asociación entre aumento de la población y tala del bosque podría resultar de que: primero se tala el bosque por razones económicas, sin que realmente exista presión demográfica, y en una segunda llegan inmigrantes a trabajar las tierras recientemente habilitadas. En esta situación hipotética el orden causal va de deforestación—la causa—a crecimiento poblacional—el efecto. Para disminuir la posibilidad de causalidad reversa, este estudio enfatizó el orden temporal de los factores: tomó la presión poblacional al inicio del período (principio de los 80's) y observó el cambio en el uso del suelo en el período siguiente. Con esta secuencia temporal se elimina la posibilidad de causalidad reversa.

Un elemento que puede restar validez a las relaciones estimadas es la inexactitud en la medición de la cobertura de bosque. Las mediciones se basan en instrumentos precisos como imágenes de satélite o fotografía aérea, sin embargo, hay variación en las interpretaciones que los especialistas hacen de esas imágenes para generar los mapas de uso del suelo, así como en la falta de comparabilidad en las definiciones y en los métodos de manipulación de la imagen (Maldonado en prep.). Para valorar estos problemas, se analizó la sensibilidad de los resultados de las regresiones al uso de un mapa alternativo de cobertura de bosque: el mapa de FONAFIFO de 1996 (Anónimo en prep.). Los resultados del modelo reducido de deforestación fueron parecidos con el nuevo mapa. En contraste, los efectos estimados con los modelos de reforestación y fragmentación, así como en los coeficientes de las variables demográficas específicas (modelo ampliado) cambiaron mucho con el nuevo mapa. Parte de las discrepancias podrían deberse a que el mapa de FONAFIFO no tiene información del 20% de la Península debido a nubosidad. Otra parte puede originarse en la dificultad de medir los conceptos de reforestación y fragmentación. Algunas áreas que aparecen como reforestadas podrían estar (o haber estado) parcialmente cubiertas de bosque, es decir en una zona gris en la que ligeros cambios en la definición o interpretación pueden hacer que se clasifiquen o no como bosque. La inclusión o no de los charrales (regeneración arbórea) puede, por ejemplo, afectar los resultados especialmente referentes a reforestación. Es sin embargo, importante rescatar, que el modelo reducido de deforestación fue robusto en el análisis de sensibilidad.

La incertidumbre con los datos poblacionales es menos severa que con los de uso del suelo. La revisión de los mapas y bitácoras del censo de 1984 no da motivos para pensar que pobladores de la Península hayan quedado sin empadronar. Tampoco hay bases lógicas para que se empadronen hogares donde en realidad no los hay. El problema con la variable población más bien radica en la forma como se operacionalizó su vinculación con el bosque; *i.e.*, usando el concepto de potencial de población (Rosero-Bixby y Palloni 1998). Esto significó que únicamente se valore el impacto de la población que habita en las inmediaciones del bosque. No se valoró el efecto indirecto de, por ejemplo, un aumento en la demanda de madera resultante del aumento de la población en la capital, o el efecto del aumento poblacional en regiones distantes que son expulsoras de emigrantes. Hay también elementos de arbitrariedad en el cálculo del potencial de población, como el ponderar la población por el inverso de la distancia o el medir las distancias en línea recta. Una alternativa es vincular la población con la tierra sobre la base de los derechos de propiedad, pero esto requeriría mapas catastrales inexistentes en la zona. En suma, el uso de potencial de población es una solución de compromiso que únicamente captura el impacto de la población en las inmediaciones del bosque.

A pesar de las limitaciones anotadas, las estimaciones de este estudio, especialmente las del modelo reducido de deforestación, son útiles

para valorar el riesgo futuro de tala en diferentes zonas de la Península y guiar acciones de política. En este sentido, se han identificado áreas que están en alto riesgo de deforestación y que representan el 14% del bosque actual. La presión demográfica en estas áreas es tal, que probablemente será muy difícil evitar su tala. En el otro extremo, se ha proyectado que más de la mitad del bosque de la Península no está en riesgo en el corto o mediano plazo. Esta categoría está dominada por el Parque Nacional Corcovado, entidad que el modelo supone, continuará ejerciendo una protección eficaz. Pero incluso este bastión se vería amenazado en un período subsiguiente si zonas identificadas como con riesgo intermedio de deforestación, que representan la tercera parte del bosque actual, son deforestadas. Estas zonas se ubican en los linderos del Parque y constituyen una zona de amortiguamiento (Lewis 1982, Barquero 1988, Wallace 1992, Wells y Brandon 1992, Cuello *et al.* 1998, Borowi en prep.).

Este estudio aporta evidencia estadística de que el factor demográfico ha jugado un papel importante en la dinámica del uso del suelo en la Península. El impacto de la vecindad de asentamientos humanos en la deforestación se distingue con claridad en los datos. Documentar esta relación puede parecer un ejercicio trivial por lo obvio. Muchos autores consideran que los procesos de tala o recuperación del bosque en Costa Rica tienen poco que ver con la demografía, pues se habrían presenciado estos fenómenos cualquiera que hubiese sido la dinámica demográfica del país, ya que responden principalmente a factores económicos e institucionales (Harrison 1991).

Además de documentar la relación de la población con el bosque, este estudio muestra la localización y magnitud de los asentamientos humanos en la Península y su posible impacto en el corto y mediano plazo. Las instituciones del Estado y la sociedad civil tienen varios cursos posibles de acción conservacionista. Uno podría ser el evitar nuevos asentamientos campesinos de parte del IDA o manejarlos con mayor prudencia. Otro es la educación y la asistencia a las poblaciones existentes y futuras para reducir su impacto deforestador. La decisión de abrir nuevas carreteras en la Península es también un elemento de política de considerable impacto ambiental y debe, en consecuencia, manejarse con cautela. El establecimiento del Parque Nacional Corcovado fue una medida visionaria, aunque en su momento no estuvo libre de controversia. La protección subsiguiente del Parque, incluso con medidas compulsivas cuando fue necesario, como por ejemplo cuando se expulsó a los buscadores de oro, ha redondeado una política de conservación que los datos muestran ha sido efectiva y que, por tanto, debe continuarse y reforzarse. En especial cuando se tiene presente que la población del país y de la zona continuará aumentando durante muchas décadas más.

AGRADECIMIENTOS

Estudio efectuado en el Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica, gracias a una subvención de la Fundación Rockefeller ("grant" PS 9617). El Instituto Nacional de Estadística y Censos facilitó el acceso a las bases de datos y la cartografía censal. El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) proporcionó el mapa de uso del suelo de 1996. El Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográficos (TELESIG) de la Universidad Nacional proporcionó el mapa digital de uso del suelo de 1984 y de áreas protegidas. El Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería proporcionó los mapas digitales de pendientes y precipitación. El Instituto de Desarrollo Agrario proporcionó los mapas impresos y la información administrativa sobre los asentamientos campesinos. Douglas Güell colaboró en la geocodificación de las viviendas del censo.

RESUMEN

Este estudio relaciona datos geocodificados de censos de población con información de uso de la tierra proveniente de imágenes de satélite y fotografías aéreas. Se analizan tres procesos: deforestación, reforestación y fragmentación

en el período 1980 - 1995 y se identifican relaciones con potenciales de población derivados del censo de 1984, en las que se controlan efectos de terceras variables como caminos, lluvias, distancia al borde de bosque, grado de protección, etc. Entre 1980 y 1995 se taló el 16% del bosque, se fraccionó un 3% adicional y se reforestó el 32% del área en pastos o cultivos. Se identificaron fuertes y significativas asociaciones entre potencial de población en 1984 y los procesos de deforestación, reforestación y fragmentación. La probabilidad de deforestación es nula en áreas despobladas y llega a 54% en bosques con 75 o más hogares potenciales. La regresión múltiple muestra elasticidades del número de hogares de 0.63 en el riesgo de deforestación, de -0.37% en los de reforestación y de 1% en los de fragmentación. Se valora el riesgo de deforestación en 1995 - 2010 y se identifican las zonas geográficas con riesgo de perder el bosque por presión poblacional. Estas áreas incluyen la mayoría de bosques que no son parte del Parque Nacional Corcovado (especialmente la cuenca del río Rincón) y representan casi la mitad del bosque actual de la Península.

NOTAS

1 El valor predictivo del modelo se estableció con indicadores usados en epidemiología (se usan, por ejemplo, para determinar la bondad de una prueba de laboratorio en la identificación de una enfermedad) mediante la comparación de la predicción si una celda se deforesta o no con lo que realmente se presenció en 1980 - 1995. Estos indicadores son la especificidad y sensibilidad (Last 1983). La especificidad mide la ausencia de falsos negativos. La sensibilidad mide la habilidad del modelo para identificar la enfermedad, en este caso la deforestación. Con el modelo reducido se predice primero la probabilidad de deforestación de cada celda. Luego, con un punto de corte, o regla de decisión, se predice si hay o no deforestación. Cuando el punto de corte se fijó en 40%, el modelo tuvo una especificidad muy alta (94%) pero una sensibilidad mediocre para detectar las áreas taladas (32%). Cuando el criterio se redujo a 20%, la sensibilidad mejoró (73%) pero la especificidad (ausencia de falsos negativos) se deterioró a 72%. Otro indicador útil es el "valor predictivo positivo" (VPP); es decir, de las celdas que el modelo predice se deforestaron, la proporción que efecti-

Barquero, L.A. 1988. Diagnóstico ambiental y zonificación de la cuenca del Río Rincón, basada en la opinión campesina. Península de Osa, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Cuello, C., K. Brandon & R. Margoluis. 1998. Costa Rica: Corcovado National Park, pp. 143-191. *In* K. Brandon, K. Redford & S. Sanderson (eds.). Parks in peril: People, politics, and protected areas. The Nature Conservancy, Virginia.

Harrison, S. 1991. Population growth, land use and deforestation in Costa Rica 1950 - 1984. Interciencia 16: 83-93.

Herrera-MacBryde, O., T. Maldonado, V. Jiménez & K. Thömsen. 1997. Osa Peninsula and Corcovado National Park, Costa Rica. Central America: CPD site MA 18, pp. 215-220. *In* WWW & IUCN (eds.). Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. The Americas. IUCN, Cambridge, Reino Unido.

Kaimowitz, D. & A. Angelsen. 1998. Economic models of tropical deforestation. A review. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor, Indonesia.

Last, J.M. 1983. A dictionary of epidemiology. Oxford University, Nueva York.

Lewis, B. 1982. Reseña histórica de la población y los recursos naturales de la Península de Osa, Pacífico Sur, 1848 - 1981. Rev. Geogr. Amer. Cent. 17-18: 123-130.

Mansour, J. 1995. Parks in peril source book. The Nature Conservancy: America Verde, Virginia.

Myers, N. 1991. The world's forests and human populations: The environmental interconections, pp. 237-251. *In* K. Davis & M. Bernstam (eds.). Resources, environment and population: Present knowledge, future options. Supplement (Population and Development Review 16). The Population Council/Oxford University, Nueva York.

Rosero-Bixby, L. 1991. Interaction diffusion and fertility transition in Costa Rica. Tesis de Doctorado, Universidad de Michigan, Ann Arbor.

Rosero-Bixby, L. & A. Palloni. 1998. Population and de-