



PROGRAMA ESTADO DE LA NACIÓN

NOVENO INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE (2002)

Cambios en el uso de la Tierra en Costa Rica: el mapeo y la deforestación

Jeffrey R. Jones



ÍNDICE

Introducción	2
Percepciones de 'Bosques' y 'Deforestación'	3
Evolución de cobertura forestal en el ámbito nacional	4
Cambios en la definición del 'Bosque'	5
Caracterización del cambio de cobertura forestal.....	9
Comparación de cambios en la zona norte Atlántica; Análisis de imágenes de satélite 1986-2000	11
Conclusión: Proceso de cambio de uso de la tierra.....	14
Bibliografía.....	16

Nota: Algunos datos y cifras de las Ponencias pueden no coincidir con los consignados por el Noveno Informe sobre el Estado de la Nación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen los publicados en el IX Informe.

Introducción

La cobertura forestal en Costa Rica llegó a un estado de equilibrio en los últimos años. Aunque esto conlleva transformaciones positivas y negativas a la vez, el efecto neto es un cambio mínimo. Algo que no se puede analizar con la perspectiva de los sensores remotos, pero cuyo impacto se puede inferir, es que la condición de los bosques existentes en el país va cambiando. Ahora los bosques primarios son mucho menores (y en muchos casos ya muy degradados por la extracción selectiva), y hay un área creciente de bosques secundarios como resultado de la explotación maderera, del uso agrícola, o de ambas. Sin embargo, la idea de un estado de equilibrio puede no ser aceptada en todos los sectores debido a diferentes interpretaciones de los datos.

El análisis del cambio en la cobertura forestal de Costa Rica enfrenta con una serie de problemas de tipo semántico y técnico. Kleinn et.al. (2000) documenta 54 diferentes cálculos de área forestal en Costa Rica. Para las décadas de los '80 y '90, hay un rango de porcentajes del área nacional con cobertura forestal desde un 26% hasta un 54%. Como explica Kleinn, el escollo semántico es hoy el más problemático, debido a que no se ha establecido una definición clara de 'bosque' en la evolución de la cobertura y el manejo forestal. En diferentes clasificaciones se incluyen o excluyen manglares, bosques secundarios, plantaciones, etc. En el aspecto técnico, el uso de sensores remotos y SIG ha cambiado la metodología de recolección y presentación de datos, con una tendencia a exponer áreas mínimas de mapeo menores que las acostumbrabas en el pasado.

Aunque en algún sentido las variaciones tienen diferencias metodológicas y semánticas de fondo, lo crítico para el país es aclarar la naturaleza del cambio en la cobertura; algo que en cierta medida no queda definido en las estadísticas actuales (Fallas 2003).

A partir del análisis de áreas específicas en el territorio nacional, esta ponencia busca aclarar la naturaleza del cambio en la cobertura forestal, y más importante aún, hacer observaciones sobre el significado del proceso de cambio en cuanto al manejo de la masa boscosa nacional.

Percepciones de ‘Bosques’ y ‘Deforestación’

La percepción del bosque en Costa Rica está influida por dos consideraciones; una legal y otra técnica. Cada una de estas consideraciones trae consigo cierta distorsión. Sin embargo, la descripción y el mapeo de cobertura bajo estas influencias ha llegado a ser utilizado en muchos contextos diferentes -técnicos y legales-, en ambientes nacionales, regionales e internacionales.

Hay que reconocer que en Costa Rica, por su patrón de ocupación del territorio nacional, se ha desarrollado un concepto de ‘bosque’ que mezcla aspectos de cobertura con elementos legales. El reconocimiento de derechos con base en el usufructo crea un silogismo sencillo de ‘uso’ vs. ‘bosque’, y el proceso de ocupar y “limpiar” un área establece derechos de posesión (ver Jones 1990). Con este marco lógico, se acostumbra describir toda área que no está bajo manejo de costarricenses de cultura hispánica como ‘bosque’, incluyendo variantes de vegetación como el ‘páramo’ -que no es propiamente ‘bosque’- o áreas de uso indígena.

Otro elemento que incide en la percepción del bosque consiste en las técnicas de mapeo. Antes del uso común de los sensores remotos, especialmente de las imágenes de satélite, había necesidad de generalizar la información sobre cobertura boscosa. Ante la dificultad de entrar en cada punto de un área boscosa, no era posible describir la cobertura en forma completa; debían hacerse ciertas suposiciones sobre la misma con base en lo que se veía en la ‘tierra’.

Otro aspecto técnico en la percepción del bosque es el concepto de calidad de madera disponible. Anteriormente, los bosques ‘primarios’ fueron fuente de maderas preciosas como la caoba. Pero en los últimos años han sido maderas finas para construcción y ebanistería, tales como surá, cristóbal, nazareno, etc. De esa perspectiva viene la distinción tan crítica de bosques ‘primarios’ y ‘secundarios’; en el segundo, se supone que el bosque es de menor valor por falta de maderas finas o por tener árboles de tamaños menores. Algunos cálculos de área se han hecho con el énfasis en bosques primarios, con la consecuencia de una disminución del área de ‘bosque’ al ignorarse los bosques secundarios.

Finalmente, la preocupación por la biodiversidad y la integración de árboles en paisajes agrícolas, combinados con el uso de sistemas de información geográfica (SIG) que facilitan el mapeo y la comparación, han permitido tener una visión diferente de la naturaleza de la cobertura forestal a la acostumbrada en el pasado. El reconocimiento de la contribución de paisajes fragmentados a la conservación de la biodiversidad ha vuelto la mirada de investigadores y administradores nacionales a remanentes de bosques, bosques riparios, y otros parches boscosos que se encuentran comúnmente en el ambiente agrícola (Guindon 1996). Vale mencionar el mapa de ecosistemas de Centroamérica recién publicado, en que se incluye una amplia variedad de ecosistemas no-forestales, tales como lagunas,

sabanas naturales, etc, y se enfatiza la importancia de ver los ecosistemas como paisajes y no solamente como bosques grandes y densos. (<http://www.worldbank.org/ca-env>)

En resumen, en el pasado la tendencia fue manejar una definición de 'bosque' que generalizaba la cobertura forestal, y no reconocía variaciones que sí se reconocen hoy en día. Como consecuencia, las áreas boscosas se presentaban más densas y homogéneas de lo que eran en realidad. Por otro lado, el enfoque que enfatizaba los bosques primarios como lo típico de la cobertura forestal ignoraba parches más pequeños y degradados, que tienen mucho significado para el manejo de la tierra, y no se percibían por este enfoque conceptual y las limitaciones metodológicas.

Evolución de cobertura forestal en el ámbito nacional

Las bases para hablar de cobertura forestal en Costa Rica son los mapas de cobertura del Ministerio de Agricultura (y eventualmente, del MINAE). Aun tomando en cuenta ciertas incertidumbres metodológicas en la definición de 'bosque' de estos mapas, queda claro que las extensiones grandes de bosque han ido desapareciendo. Lo que no queda muy claro es que el paisaje humano ha incorporado elementos de bosque que llegan a ser un componente importante de la extensión boscosa, aun en zonas 'agrícolas'. En este estudio se sigue la evolución de la cobertura de bosque en el país en general entre 1940 y 1997 (tal como se ha presentado en estudios anteriores (como Porras 1986, Jones 1990, Kleinn 2002, etc). Posteriormente, se compara este proceso con los cambios en un nivel mucho más detallado en el valle de Turrialba.

Cuadro 1: Evolución de la cobertura forestal: Costa Rica en Km²

Provincia	1940	1950	1961	1977	1997
Cartago	2,233.90	2,015.74	1,951.98	1,678.39	1,774.27
Alajuela	7,352.56	6,480.53	5,788.28	3,198.72	2,325.39
Guanacaste	3,727.39	1,903.85	1,229.94	533.87	3,209.29
Heredia	2,203.45	2,194.06	2,118.54	1,690.08	1,069.75
Limón	7,332.12	7,090.66	6,311.74	5,180.85	4,607.08
Puntarenas	7,688.37	6,869.10	5,756.70	3,942.82	4,548.81
San José	3,072.27	2,580.35	1,591.69	1,471.26	1,652.61
Total	33,610.07	29,134.29	24,748.86	17,695.99	19,187.20

Fuente: Mapas de uso de la tierra, MAG. Digitalización 1:2,000,000 Laboratorio SIG, CATIE.

Un dato llamativo del Cuadro 1 es el incremento en el área forestal entre 1977 y 1997, que llega a casi 10%. Hay que notar que el mapa de cobertura de 1997 está presentado en formato SIG; es decir, que se conservan unidades de uso relativamente pequeñas en la escala nacional. Esto refleja que el mapa fue elaborado con base en imágenes de satélite. Aunque existe la posibilidad de que haya una recuperación de bosques que causa parte de este cambio, hay otro elemento de 'cambio' que se da en la percepción de lo que es 'bosque', y también el impacto del uso de nuevas tecnologías de análisis de uso de la tierra.

El cambio más dramático que se percibe en el Cuadro 1 está en la provincia de Guanacaste. Dos factores contribuyen al cambio de cobertura: primero, las metodologías manuales de generación de mapas de cobertura utilizan áreas mínimas de mapeo relativamente grandes, para mejorar la presentación y comprensión de los mapas en papel. Con la reducción del tamaño del área mínima, 'aparecen' muchos parches pequeños de bosque. Otro factor es la selección de imágenes con que se hace la clasificación de cobertura. La preferencia por imágenes de la época seca (para reducir la cobertura de nubes) dio el resultado de que los bosques secos tropicales fueron 'invisibles', porque en ese período pierden las hojas.

Cambios en la definición del 'Bosque'

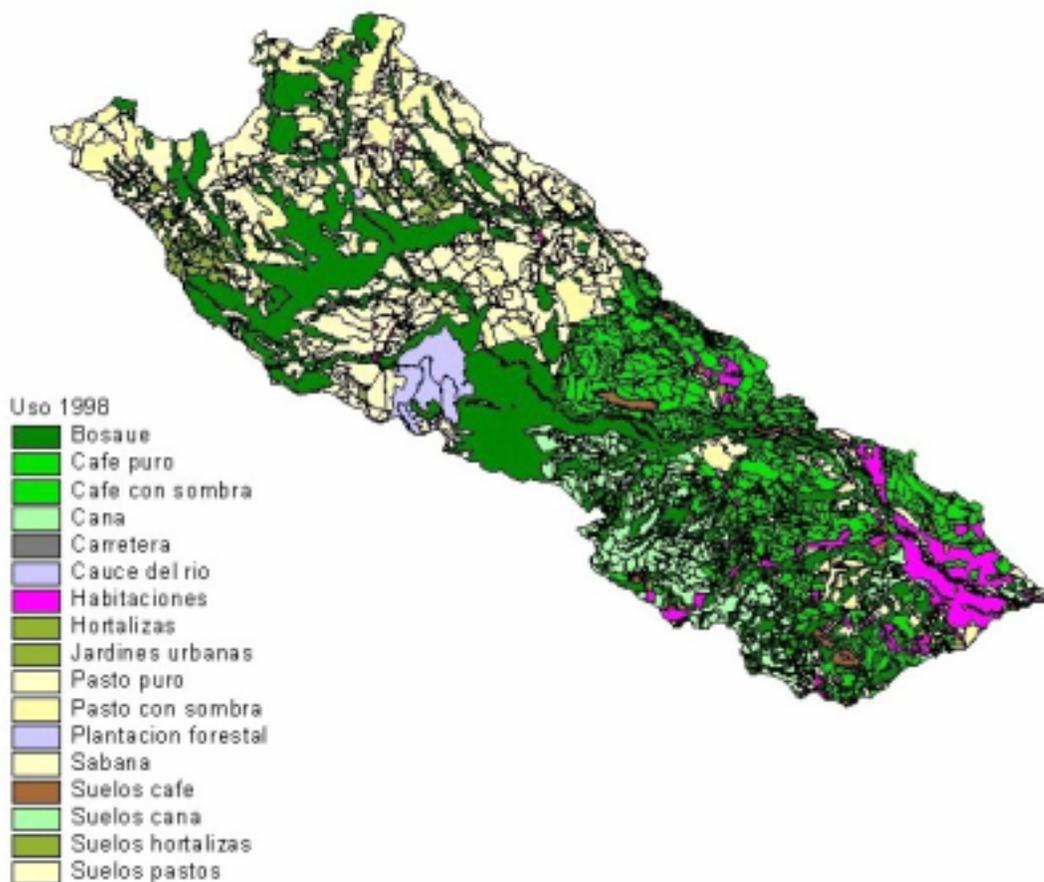
Un cambio importante es el reconocimiento de que los bosques pueden ser parte de un paisaje agrícola, y todavía cumplir su función ecológica pese a su presencia en áreas de uso humano. Entonces, según algunos cálculos anteriores, un bosque secundario de 10 hectáreas no era tomado en cuenta como parte de la 'cobertura boscosa' del país. Si se suman todos los 'parches' de bosques, llegan a ser un área bastante grande. Un estudio de caso en el valle de Turrialba ilustra esta situación.

El mapa de cobertura del 1977 presenta una clasificación más sofisticada, en el sentido de que trata de reconocer el contexto complejo de la cobertura forestal. Este mapa de cobertura de bosques hace un cálculo de la cobertura forestal en cada tipo de uso (la clasificación se incluye en el cuadro 2). Sorpresivamente, en la categoría de 'bosque' la cobertura forestal solo llega a 81%, debido al reconocimiento de las variaciones en la cobertura de la tierra aun dentro de 'bosques', por el paso de ríos, derrumbes, limpieza de parcelas aisladas con fines agrícolas, etc. También reconoce la existencia de bosques en paisajes agrícolas, que estima entre 1.4% y 12.4%. En este mapa, toda la cuenca del Río Turrialba aparece como agrícola, con un porcentaje de bosque disperso de 12.4%.

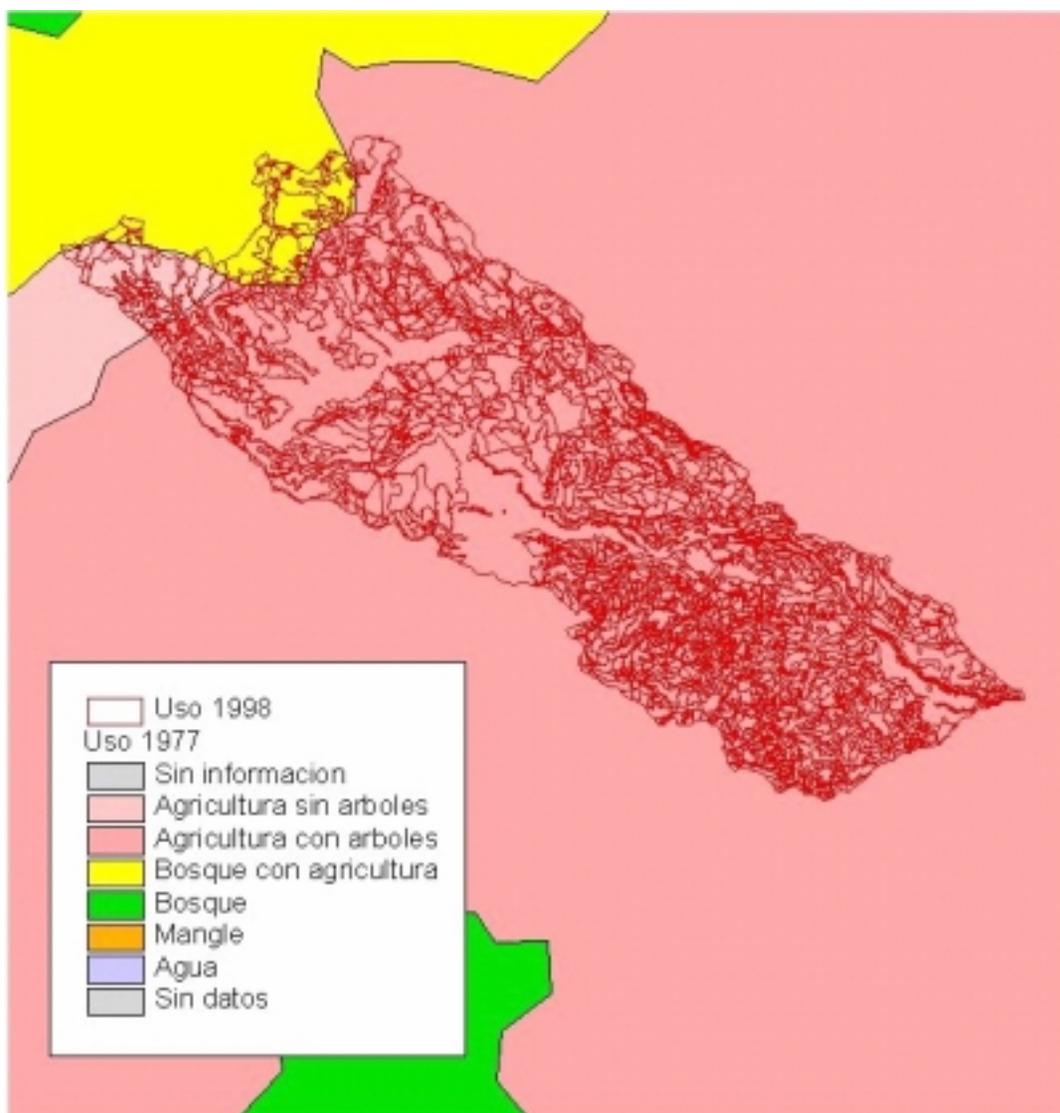
Cuadro 2: Clasificación de coberturas del mapa de Cobertura de Bosques de Costa Rica - 1977

Tipo de cobertura	Porcentaje bosque	Porcentaje del área total
Áreas sin o casi sin árboles, comúnmente en uso para agricultura y pastoreo	1.4	10.2
Áreas con árboles dispersos y algunos pequeños complejos forestales, la mayor parte bajo uso agrícola y pastoreo	12.4	37.1
Área con grandes complejos forestales, entre ellos hay tierras agrícolas o de pastos	45.1	15.4
Áreas en su mayor parte o completamente cubiertas de bosques	81.3	32.9
Áreas con vegetación de mangle, palmas o arbustos montañosos	0	4.4

Uso 1998: 1:10,000, de foto aérea; alto nivel de detalle en cuanto a parches de diferentes usos



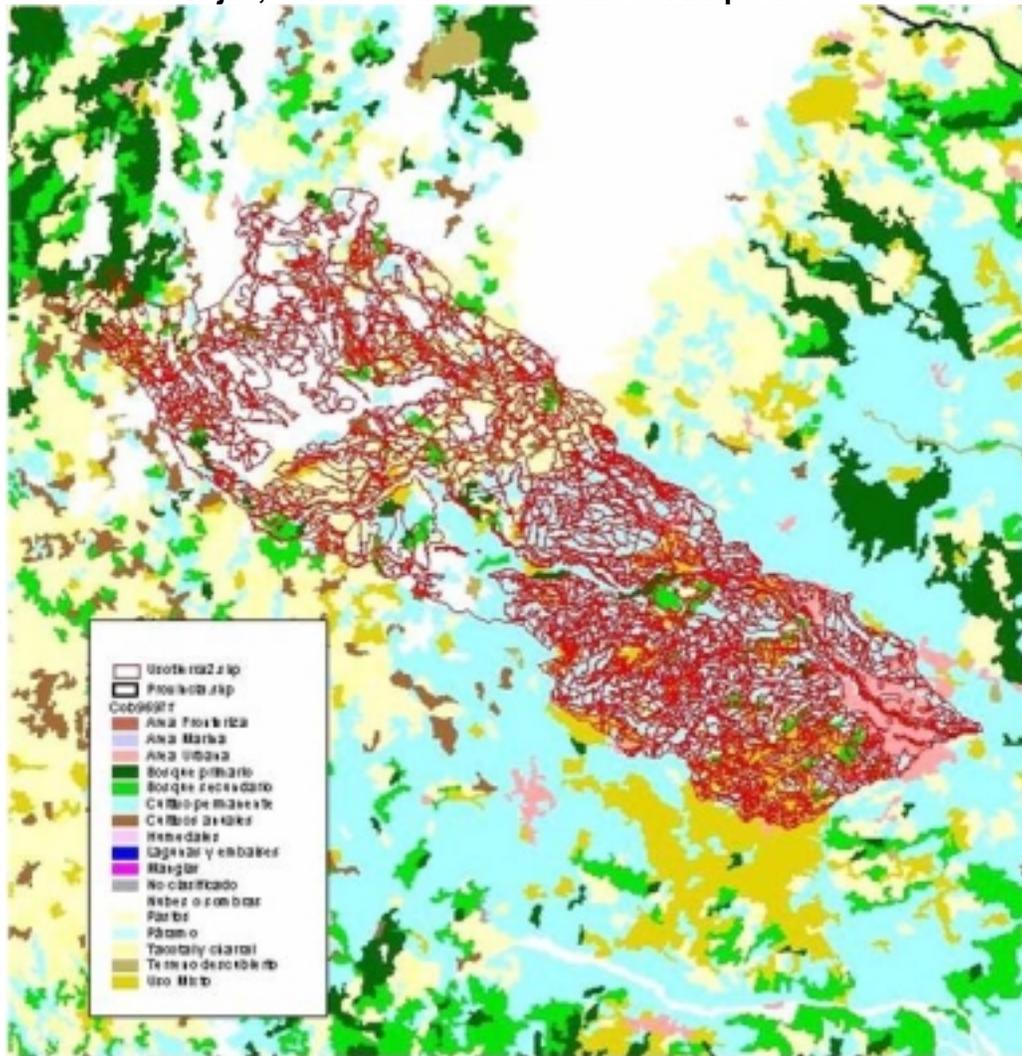
Mapa 1977: 1,000,000 con líneas de mapa de uso 1998 sobrepuestas; bajo nivel de detalle en cuanto a parches de bosques



En un análisis detallado de uso de la tierra en la cuenca del río Turrialba, utilizando fotos aéreas de 1944 y de 1998, se descubre una cobertura de bosques que excede la presentada por el mapa de 1977, con coberturas de 24% y 27% para los dos años (Jones 2003, Neef 2000). Una comparación de los mapas nacionales de cobertura y las fotos aéreas revelan que estas diferencias no presentan tanto errores como cambios en las formas de contabilizar los bosques. Por ejemplo, el mapa de uso de 1998 incluye bosques riparios, plantaciones, y parches de bosque desde 150m². Por varias razones, al clasificar el valle en la categoría de 'Áreas con árboles dispersos...' (Tabla 2), con 12% de cobertura forestal, se subestima la cobertura forestal en la cuenca del río Turrialba en 50%.

Otro factor que contribuye a la diferencia en los cálculos de área forestal es la introducción de los SIG electrónicos y el análisis de imágenes de satélite. Una limitación para el mapeo en papel es la incapacidad de representar objetos de menos de un par de milímetros de diámetro. En espacios tan pequeños, es imposible distinguir colores o patrones de relleno que codifica el mapa, por lo cual no se incluyen áreas menores de cierto tamaño. El mapa de cobertura de bosques de 1977 está realizado en una escala de 1:1,000,000; de los 147 polígonos que describen la cobertura, 143 son mayores a 200ha. Los aspectos físicos de imprimir y ver el mapa, y de dibujar el mapa a cierta escala, llevan a limitar la inclusión de áreas significativas de bosque. El uso de la computadora y el manejo de datos SIG elimina hasta cierto punto estas limitaciones físicas en la creación y el manejo de datos de cobertura.

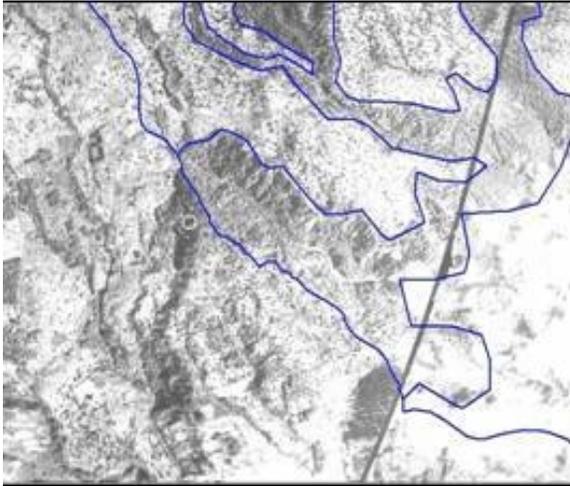
**Uso 1996: 1:200,000, de imagen de satélite:
líneas rojas; contrasta nivel de detalle del mapa de uso 1998.**



Caracterización del cambio de cobertura forestal

Cambios en la cuenca del Río Turrialba: Análisis fotográfico 1944-1998

1944 – Coliblanco

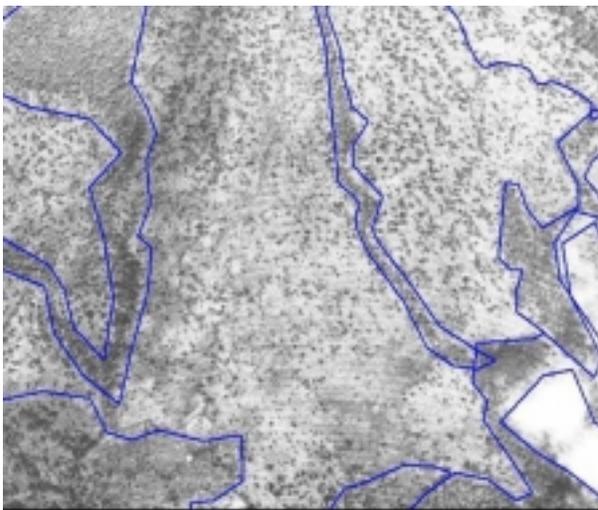


1998 - Coliblanco

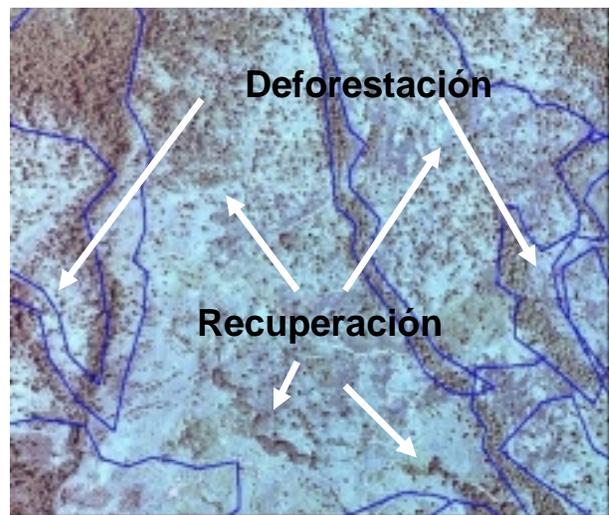


Los cambios en la cobertura forestal en el Río Turrialba son de mucho interés desde el punto de vista de la seguridad contra inundaciones. La ciudad ha experimentado muchas en los últimos años, y el manejo de la vegetación de la cuenca con la finalidad de reducir la vulnerabilidad ha vuelto a ser tema de discusión a nivel local y nacional (USACE 2003).

1944 – Cuenca Alta



1998 – Cuenca Alta



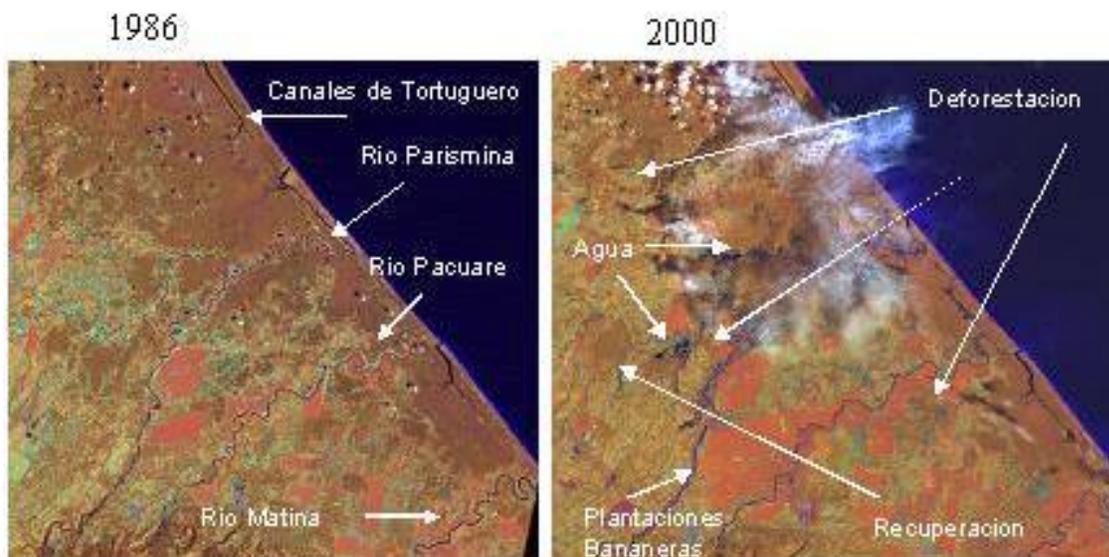
Aunque queda claro que hay cambios significativos en la cobertura forestal de Costa Rica en los últimos 60 años, es importante distinguir cuánto de los 'cambios' en la misma se deben a aspectos metodológicos, y cuánto a cambio real en la cobertura forestal. Para profundizar en el tema, se harán comparaciones de imágenes fotográficas, para apreciar en forma específica y comprender mejor el proceso de cambio.

En general, la cobertura forestal en el valle de Turrialba no ha cambiado mucho desde 1944, ya que entonces era una zona productora importante de café, caña de azúcar y banano. Como aspecto positivo, se perciben algunos cambios en el manejo de pastos y cauces de ríos, que reflejan una mejor conducción de la cobertura forestal en lo referente a la erosión y el manejo de agua. Lo anterior se nota en una comparación de fotos del año 1944 y 1998 en la cuenca del Río Turrialba. Primero –y más evidentemente- se notan algunos lugares en la zona alta de la cuenca que pasaron de bosque a pasto, tanto parcial como completamente, durante los 50 años transcurridos entre ambas fotos. Debido a la cobertura de nubes en las fotos de 1944, los datos de cobertura no son perfectamente comparables, pero en las áreas despejadas en las dos fotos se nota el proceso de cambio. También se nota que en 1944 hay una densidad más homogénea y ligeramente más alta de árboles en pastos, aunque esta diferencia solo se ve claramente en ciertos puntos claves. Es decir, se han ido raleando los árboles en los pastos, o eliminando brotes de árboles para mantener menos sombra en los pastos. Otro cambio más consistente y más obvio es en el manejo de cauces de ríos, especialmente cauces menores. En 1998 se nota la conservación de más árboles en los cauces altos de los ríos.

Otra comparación se hace en la cuenca alta de Coliblanco. En esta área, la mayoría de los cambios de uso son de pasto a bosque. En la parte superior central de la foto, se nota una repoblación de árboles en los cauces de los ríos, y una densificación de árboles en pastos que llegan a un punto en que se le puede llamar bosque. En la parte central de la foto, el borde del bosque se va extendiendo en una repoblación de pastos.

Otro estudio de la cuenca del proyecto Hidroeléctrico JASEC (que incluye parte de la cuenca del río Turrialba) presenta resultados que parecen aun más sorprendentes. En una zona caracterizada por producción agrícola de alta intensidad y rendimiento económico, con 42% de la tierra en uso hortícola, más del 30% de los terrenos están en uso forestal. Este patrón de uso se debe a la condición volcánica y tropical del paisaje; los bosques se concentran en zonas de altas pendientes, que podrían presentar problemas serios de manejo para una producción eficiente.

Área Limón / Guápiles: Imágenes TM Marzo 1986 y enero 2000.



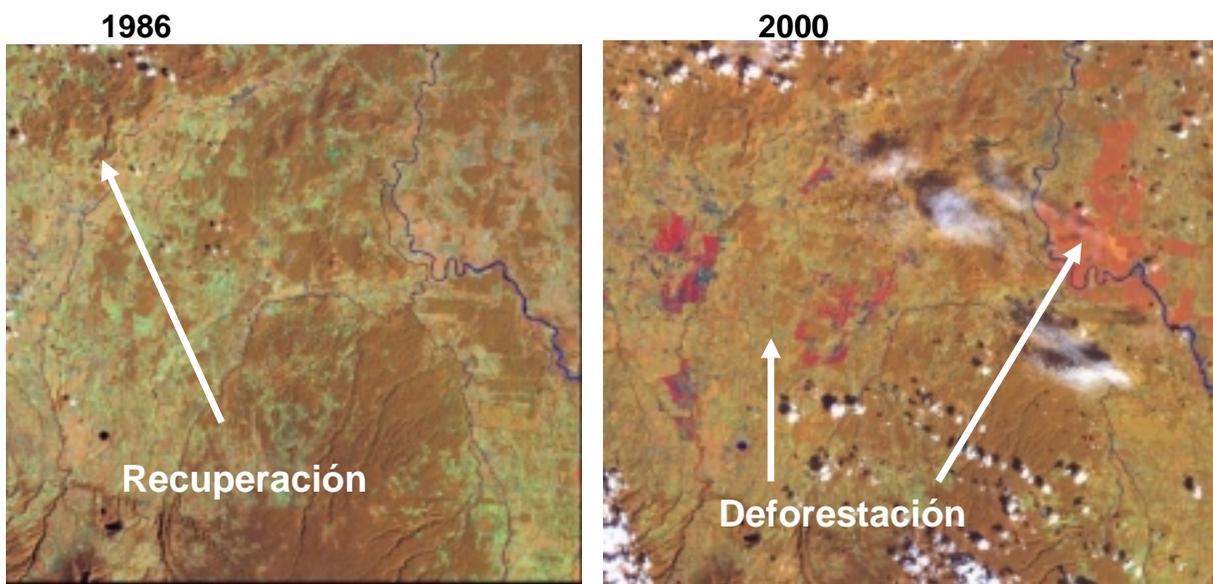
En conclusión, la cobertura de la cuenca del río Turrialba tiene cierto equilibrio desde hace 60 años. Como se observa en la cuenca adyacente del proyecto JASEC, el manejo de la tierra bajo cobertura forestal corresponde a zonas frágiles por sus pendientes. Entonces, el equilibrio en el patrón de uso puede corresponder a las exigencias del clima lluvioso. El área boscosa se ha mantenido constante en términos totales, pero las zonas específicas han cambiado en un proceso que probablemente tiene relación con decisiones de manejo de la producción ganadera. Además, se nota un incremento de la cobertura en los cauces de ríos, posiblemente relacionado con la implementación de leyes de conservación y la campaña de educación ambiental que se lleva a cabo desde los años '80 a escala nacional.

Comparación de cambios en la zona norte Atlántica; Análisis de imágenes de satélite 1986-2000

En un importante esfuerzo para lograr la concientización popular en cuanto al proceso de deforestación, Kohlmann (2002) demuestra cambios por medio de fotos oblicuas de color natural, capturadas desde los transbordadores de NASA. La zona Norte Atlántica de Costa Rica ha sido uno de las áreas de mayores cambios en el uso en las últimas décadas, debido a la política de colonización. Este cambio se destaca en las fotos de transbordador. La siguiente comparación

se enfoca en dos áreas, utilizando imágenes LANDSAT de falso color: las áreas de Limón / Guápiles y Puerto Viejo / Sarapiquí. Estas áreas se comparan en forma visual, para entender en forma concreta cuáles son los procesos de cambio. En general, hay una abundancia mayor de vegetación en la imagen 2000, debido a que corresponde al inicio de la estación seca. Como las imágenes están presentadas en falso color, el color rojo/café representa la vegetación. Áreas con vegetación rala aparecen como verdes, tendiendo hacia azul-verduzco con menos vegetación. El agua aparece azul oscuro.

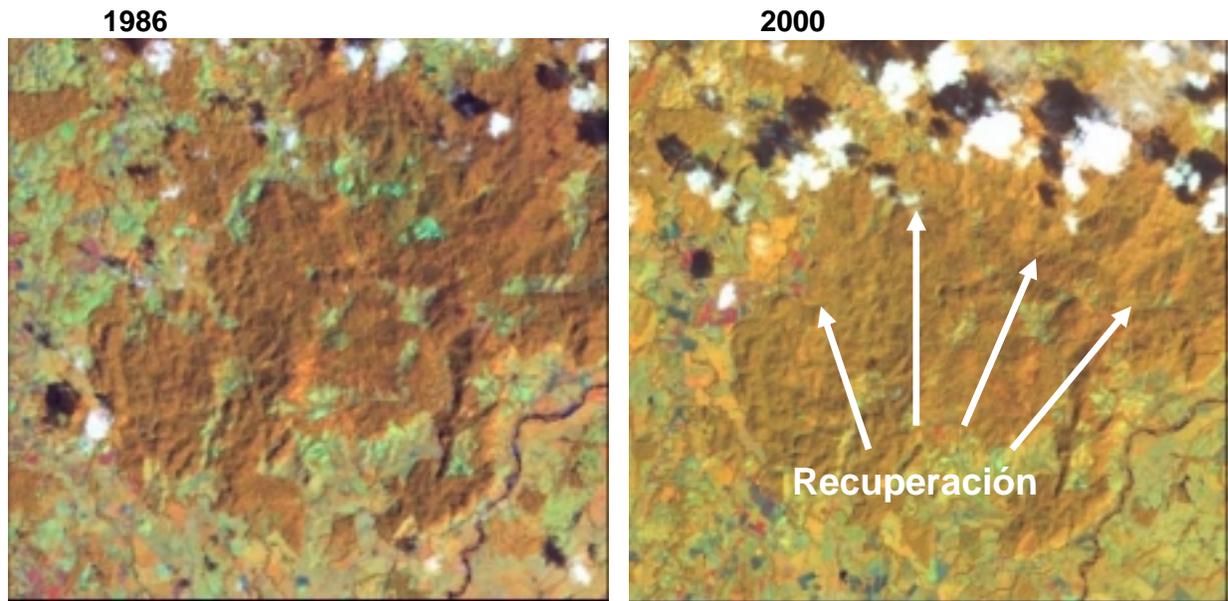
Area Sarapiquí-Puerto Viejo



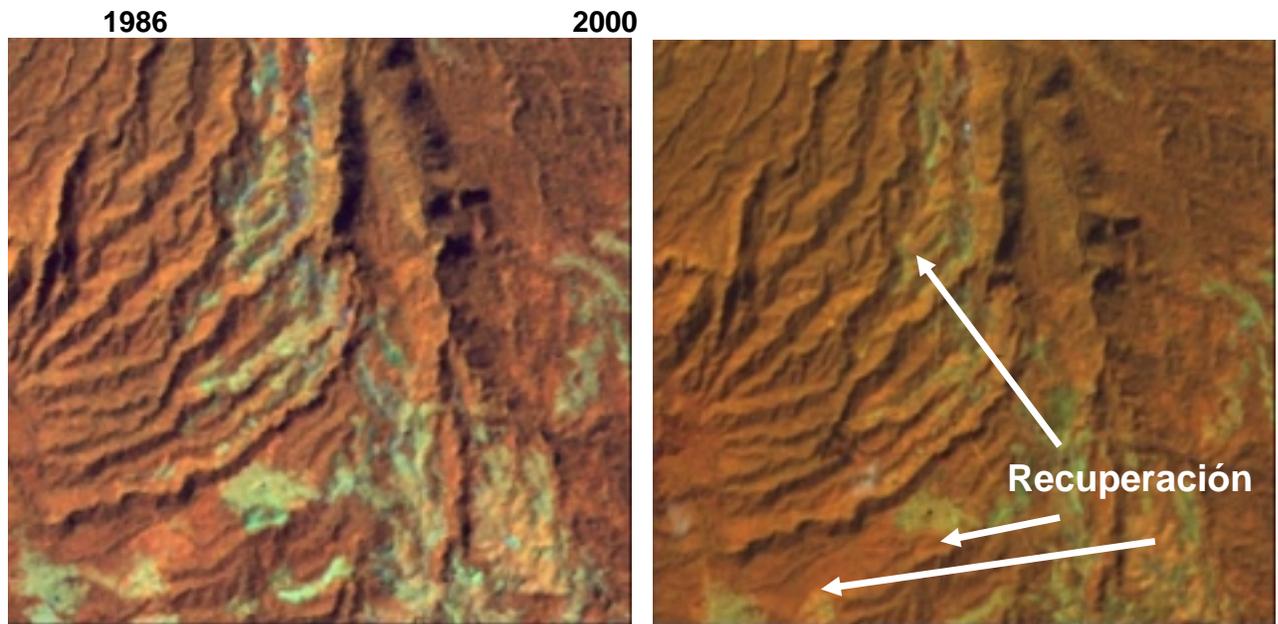
Detalle del área Cerro Chaparrón, Cerca del Río Toro

La primera comparación es de la zona Limón/Guápiles. Hay un proceso de cambio muy notable, que tiende a ser mayoritariamente de deforestación. Se nota una expansión del área de plantaciones comerciales, especialmente bananeras (rojo). Se ve un empozamiento de agua, y los ríos y canales más grandes y demarcados en la imagen 2000 por ser al final de la estación lluviosa. Se nota un proceso de deforestación en varias partes de la imagen en el lapso de 14 años. En el centro izquierdo de la imagen 2000, se notan áreas de expansión de cobertura forestal en las orillas del ramo nor-oeste del río Parismina, casi directamente al oeste de la zona de empozamiento.

Comparación 1986-2000 en Sarapiquí 2:



En la zona centro- norte, el estado del bosque Comparación 1986-2000 ACCVC:



Por la comparación del sitio ACCVC (Área de Conservación Cordillera Volcánica Central), donde se nota un proceso mixto en su mayoría de recuperación de bosque pero con áreas de deforestación intercalado, parece más equilibrado. Hay una expansión de cultivos comerciales cerca de Puerto Viejo, pero de menor intensidad de lo que se ve cerca de Limón. Los bosques están fragmentados, pero hay grandes áreas de poco cambio, e inclusive se nota una recuperación en ciertas áreas; uno de estos se detalla, cerca del río Toro, en los Cerros Chaparrón.

Más notablemente evidente es el proceso de recuperación entre el Parque Braulio Carrillo y Volcán Poás, en parte dentro de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central. En el lapso entre las imágenes se notan varias zonas de recuperación avanzada, y poca evidencia de nueva deforestación. Esto a pesar de que con regiones adyacentes a zonas de alta presión poblacional.

Conclusión: procesos de cambio en el uso de la tierra

La situación del uso de la tierra ha sido dinámica entre 1986 y 2000. Hay una expansión notable de áreas bananeras en la zona norte durante ese lapso, y una deforestación general. A la vez, se notan áreas de reforestación o regeneración, especialmente en la ACCVC, pero dispersas hasta en la zona norte. La comparación se complica un poco por las diferentes calidades de las imágenes de satélite, y el hecho de que la imagen de 2000 se tomó en un momento mucho más húmedo que la imagen de 1986.

Una precaución es necesaria en el análisis de imágenes de sensores remotos. Aunque se puede ver la cobertura vegetal, no pueden inferirse las intenciones de los dueños u ocupantes de áreas específicas. Una regeneración de pocos años todavía es un charral, que bien podría ser parte de un ciclo agrícola. Uno de los procesos de los que se habla hoy en día es la reconversión productiva; por cambios negativos en precios, se ha reportado el abandono de pastos y de plantaciones de banano en todo el país. Puede ser que los cambios que se ven en las imágenes corresponden a ese proceso. Sin embargo, todavía no hay garantía de que estos cambios en la vegetación -que tienden a la regeneración de bosques- no sean detenidos por cambios positivos en los precios en el futuro cercano. Otra precaución tiene que ver con la calidad de bosques; la recuperación evidente en este estudio genera bosques secundarios, generalmente de baja calidad por la falta de especies finas, y por la falta de árboles de tamaños ideales para la explotación forestal.

Sin hacer un análisis exhaustivo, con base en algunas observaciones de estos puntos claves, se puede concluir que la deforestación ha continuado entre 1986 y 2000, pero con evidencias de una tendencia opuesta de regeneración (aunque esta última se limita a zonas menos extensas que las zonas de deforestación).

En un estudio reciente se encuentra que la extracción forestal ilegal, anteriormente vista como una causa de deforestación, ya se concentra en áreas agrícolas, específicamente en potreros (Campos et.al. 2001).

Las fotografías de las aéreas confirman que hay una gran cantidad de bosque integrado en los paisajes agrícolas del país, como sistemas agroforestales. El análisis de las fotografías históricas de Turrialba demuestra que esta distribución no es nueva, sino que ha sido 'invisible' por las razones mencionadas anteriormente. La 'nueva' realidad en cuanto a la distribución del bosque y patrones de explotación en Costa Rica requiere repensar los enfoques de manejo, y ampliar la visión de cuáles son los objetivos y los métodos que se recomiendan para mejorar el manejo del recurso.

En conclusión, la confusión en la medición del área de bosque en Costa Rica tiene de dos fuentes. Primero, las técnicas de mapeo por medio del uso de sensores remotos y SIG permite una representación más detallada y fragmentada del bosque que la acostumbrada en el pasado. A su vez, las técnicas de manejo forestal han cambiado, y la importancia relativa de las extensiones grandes de bosques se ha reducido mediante la conversión en sistemas agroforestales con fines productivos. La extracción de madera y productos menores, la conservación de la biodiversidad, y la protección del medio ambiente en general se distribuye en áreas pequeñas, que son parte del paisaje 'agroambiental' que mantiene una relación muy estrecha con poblaciones agrícolas productivas.

Bibliografía

Campos A., José Joaquín, M. Camacho C., R. Villalobos S., C. M. Rodríguez, M. Gómez F. 2001. *La Tala Ilegal en Costa Rica: Un análisis para la discusión*. Informe elaborado por el CATIE a solicitud de la Comisión de Seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Turrialba, Costa Rica.

Guindon, Carlos. 1996. "The importance of Forest Fragments to the maintenance of regional biodiversity in Costa Rica". In *Forest Patches*, J. Schelhas y Russel Greenberg (eds). Washington D.C. Island Press: 168-186.

Fallas, Jorge. 2003. "Bosques, calidad de datos y Estado de la Nación", *Ambientico*, Heredia, Costa Rica. Mayo 2003.

Jones, Jeffrey R. 1990. *Colonization and Environment; Land Settlement Projects in Central America*. United Nations University Press. Tokyo.

Jones, Jeffrey R. 2003. Análisis de uso de la tierra; resultados de investigación sin publicar. CATIE, Turrialba.

Kleinn, Christoph, Lenin Corrales y David Morales. 2000. "Forest area in Costa Rica: A comparative study of tropical forest cover estimates over time". In *Environmental Monitoring and Assessment* 73: 17-40.

Kohlmann, Bert, J. Wilkinson and K. Lulla. 2002. *Costa Rica desde el espacio/from space*. Editorial Heliconia, Fundación Neotrópica, San José Costa Rica.

Neef, Till. 2000. *El Uso De La Tierra En La Cuenca Del Río Turrialba*. (Investigación estudiantil). Facultad Técnica Forestal y de Manejo Ambiental (FTFMA), Goettingen/Alemania, y CATIE, Turrialba Costa Rica.

Porras, Anabelle y Beatriz Villarreal. 1986. *Deforestacion en Costa Rica: Implicaciones sociales, economicas y legales*. Editorial Costa Rica. San José.

Sanchez-Azofeifa, Arturo, G. Daily, A.S.P. Pfaff y C. Busch. 2003. "Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves; examining the dynamics of land-cover change." In *Biological Conservation* 109: 123-135.

USACE (US Army Corps of Engineers) 2003. *Turrialba, Costa Rica: Evaluation of Streambank Erosion and Flooding Problems*. Enero 2003. (Misión de evaluación a pedido de la Presidencia de la Republica de Costa Rica).