



Ingeniero civil,
hidrólogo, especialista
en ciencias de la
tierra y SM IEEE.
Investigador y profesor
en la Universidad
de Alberta (Canadá)
(gasanche@ualberta.ca).

..... || **Arturo Sánchez-Azofeifa**

Las cuantificaciones tanto del proceso de deforestación como de la extensión de la cobertura forestal de Costa Rica han sido objetos de discusión en el país desde los años ochenta del siglo pasado. Fue entonces cuando se hizo un primer estudio, utilizando sensores remotos, cuyos resultados fueron publicados en una revista indexada internacionalmente (Joyce & Sader, 1986). En esa publicación, los autores indicaron que el territorio nacional tenía menos del 30 % de cobertura forestal, creando, a partir de este momento, un mito que involucraba dos percepciones equivocadas: (1) que las tasas de deforestación en el país eran significativamente altas y (2) que el país tenía una cobertura forestal muy pequeña, basada únicamente en aquellas áreas que se consideran protegidas bajo la modalidad de parque nacional o reserva biológica.

La segunda contribución científica importante en cuanto a cuantificación de la cobertura forestal de Costa Rica se dio en la década siguiente, la de los años noventa, cuando dos estudios seminales condujeron a un cambio de paradigma en lo referente a la extensión cubierta y a las tasas de



Volver al índice



A. Huerta. Madera extraída, Limón.

deforestación. El primero de esos dos estudios constituyó el primer inventario de la cobertura forestal del país siguiendo estándares desarrollados por Skole et al. (1993), e indicó que tal cobertura, en 1991, era de 29 % del territorio -sin considerar la región de Guanacaste en bosques secos y semi-decíduos y sin considerar una cobertura de nubes del 17 %- (Sánchez-Azofeifa, 1996; Sánchez-Azofeifa et al., 2001). Y el segundo estudio, realizado por la Universidad de Costa Rica, el Centro Científico Tropical y el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo), indicó que en 1997 el país tenía una cobertura forestal por encima del 40 % (UCR, CCT & Fonafifo, 1998).

Los resultados de este segundo estudio fueron en su momento fuertemente refutados por varias organizaciones ambientalistas, porque contradecían el discurso que ellas esgrimían nacional e internacionalmente. Pero el tiempo ha indicado que tales resultados fueron correctos,

y ya son parte del discurso de la sociedad civil y del Gobierno, tanto dentro como fuera de Costa Rica.

En el contexto de los antecedentes recién reseñados, este artículo presenta y discute una visión de los cambios en la extensión de la cobertura forestal del país, dejando de lado el tema de las tasas de deforestación, que ha sido extensamente discutido y

publicado en los últimos años (Sánchez-Azofeifa et al., 2007). Esta discusión y análisis se basa en un estudio estandarizado de la cobertura forestal del país en el periodo 1960-2013, cubriendo una época importante en la evolución de las políticas de cambios en la cobertura de la tierra en Costa Rica (Sánchez-Azofeifa, 2000). Este artículo concluye con una visión a futuro de parte del autor acerca de lo que podría eventualmente suceder con la extensión actual y, también, acerca de los problemas asociados al mapeo futuro de nuestra cobertura forestal.

Toda la información generada en el estudio recién aludido se produjo utilizando metodologías descritas ampliamente en revistas indexadas internacionalmente (Sánchez-Azofeifa et al., 2001; Mora et al., 2005; Kalacska et al., 2005); metodologías que permiten generar series de tiempo estandarizadas. Mapas de

cobertura forestal para los años 1960, 1979, 1986, 1997, 2000, 2005, 2010 y 2013 fueron creados para las siguientes clases: bosques con cobertura de copa mayor al 80 %, no bosque, zonas urbanas, deforestación, crecimiento secundario, manglares, nubes y aguas. El mapa de 1960 fue elaborado a partir de la interpretación de fotografías aéreas provistas por el Instituto Geográfico Nacional y que son parte de la cartografía nacional generada entre 1950 y 1965. El mapa de 1979 fue elaborado a partir de la utilización de imágenes del Landsat Multispectral Scanner (MSS). Los mapas de 1987, 1997, 2000 y 2005 fueron generados utilizando Landsat Thematic Mapper (TM4, TM5 y TM7). El mapa de 2010 fue generado utilizando imágenes multispectrales del satélite francés SPOT (multi-espectral y 20 m de resolución) y, finalmente, el mapa de 2013 fue generado a partir de la utilización de imágenes del satélite Landsat 8. Imágenes del satélite TM 7 con problemas de “peine” no fueron utilizadas.

Los mapas finales utilizados tienen las siguientes características: la unidad mínima de mapeo es de 3 ha, todas las imágenes se generaron a partir de imágenes que son atmosféricamente calibradas para las condiciones nacionales de humedad relativa y aerosoles atmosféricos en el momento de su recolección y, finalmente, todas las imágenes fueron georreferenciadas a las imágenes “madre” creadas en 1997 para el estudio de UCR, CCT & Fonafifo (Landsat TM de 1986) utilizando mapas 1:50.000 del Instituto Geográfico

Nacional. La utilización de cerca de 1.500 puntos de control permitió generar una georrectificación entre años de menos de 1 pixel de Landsat Thematic Mapper (RMSE < 25 m). Este nivel de precisión no asegura que artefactos asociados con errores de comisión (llamar bosque a no-bosque y no-bosque a bosque) sean minimizados. En general, cada mapa generado, con la excepción del los de 1960, 1979 y 1986, fueron verificados independientemente en el campo. Errores generales de la clasificación bosque no-bosque fueron entre un 5 y 10 % (precisión entre el 90 y 95 %).

La interpretación de la cobertura forestal del bosque seco y semi-deciduo de Guanacaste fue realizada en forma especial (Arroyo-Mora, 2005), tomando en cuenta aspectos fenológicos y de la dinámica de cambios en el área foliar, tanto en bosque maduro como en bosque secundario (Kalascka et al., 2007). Lo anterior permite obtener una extensión precisa de un bosque tropical, que es muy difícil de mapear a menos que aspectos fenológicos sean tomados en consideración (Sánchez-Azofeifa et al., 2009).

Es importante aclarar que los mapas generados por este trabajo no tienen el objetivo de apoyar actividades REDD+, dado que estas no existían en el momento en que la metodología actual fue creada. Estos mapas tienen como objetivos principales los siguientes: (1) presentar un mapeo estandarizado y constante de la cobertura forestal del país que sea reproducible cada cinco años, (2) mapear y

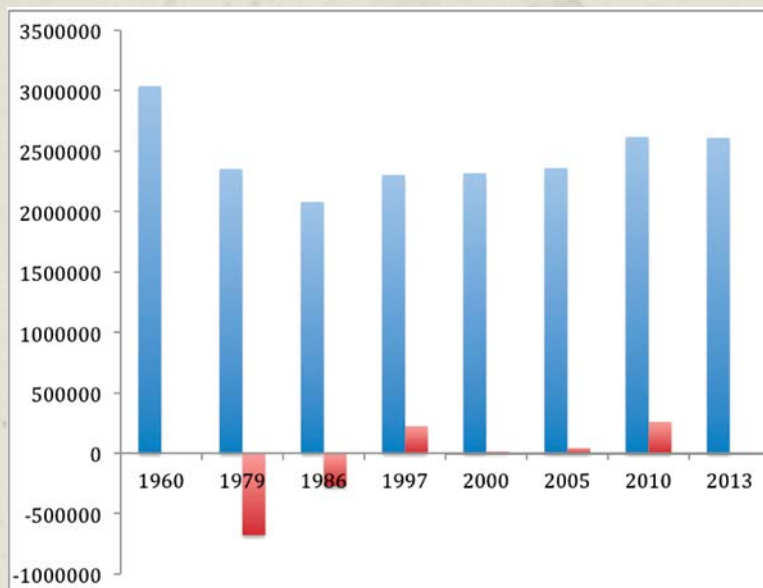


Figura 1: Cambios en la cobertura forestal de Costa Rica entre 1960 y 2013.

(Azul representa cobertura forestal con una unidad mínima de mapeo de 3 ha y una cobertura de copa de 80 %. Rojo representa cambio en la cobertura forestal entre mapeos. Negativo representa deforestación y positivo representa recuperación secundaria.)

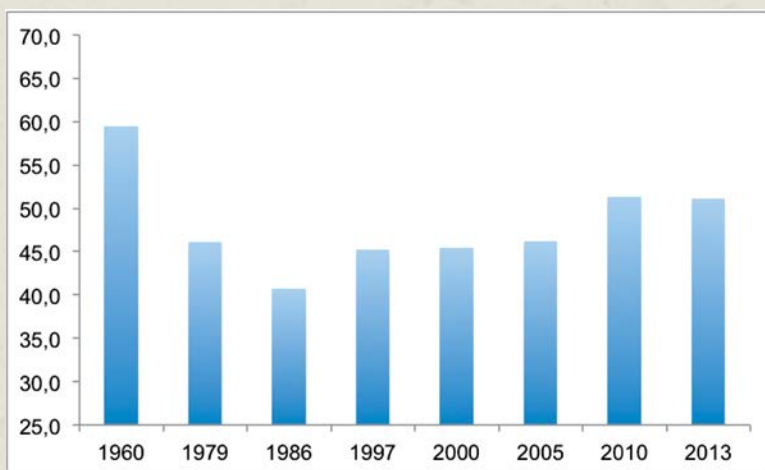


Figura 2: Porcentaje de la cobertura forestal de Costa Rica entre 1960 y el 2013. Se hace referencia al 25 % de cobertura nacional en áreas protegidas.

detectar focos regionales de deforestación que puedan ser monitoreados con mayor resolución espacial, (3) generar estudios de la distribución espacial del nivel de fragmentación de bosques en el país y (4) detectar y cuantificar procesos de recuperación y crecimiento secundario de bosques a nivel nacional.

Nuestro análisis de datos estandarizados indica dos aspectos básicos: primero, que cambios en la cobertura forestal del país se dan en dos periodos (figura 1) y, segundo, que la cobertura total de bosque en el país nunca ha estado debajo de 40 % (figura 2).

El primero de nuestros resultados indica la existencia de dos periodos. El primer periodo está asociado a cambios significativos en la cobertura forestal y se da entre 1960 y 1986 (figura 1). Este periodo puede definirse como de *deforestación frontal*, porque la cobertura forestal en el país pasa de 59,5 % a 40,8 %. La pérdida total de bosque en estos 26 años fue de

956.675 ha, siendo la tasa de deforestación de 36.800 ha/año (equivalente a 1,21 % anual referido a la cobertura forestal inicial de 1960). El segundo periodo, que podría llamarse de *recuperación forestal*, comienza en 1986 y termina en 2010. En este periodo la cobertura nacional pasó de 40,8 %, en 1986, a 51,4 % en 2010. Durante este tiempo la tasa de deforestación anual ha estado debajo de 0,25 % anual, manteniéndose estable.

En cuanto al segundo resultado nuestro, es importante resaltar que contradice la postura de Joyce & Sader (1986), que crearon el mito, de alcance mundial, de la deforestación total de Costa Rica. El estudio de tales autores refleja las limitaciones metodológicas de la época en que se realizó: digitalización a mano y un tamaño de pixel de 750 m, entre otros. Entonces, debe esperarse que investigaciones con metodologías actualizadas y mayor capacidad de procesamiento de imágenes den resultados más cercanos a la realidad. En otras palabras, las estimaciones de Joyce & Sader sobre deforestación y extensión de la cobertura forestal en Costa Rica no correspondieron nunca a la realidad. Empero, hay que resaltar el esfuerzo pionero de esos investigadores, esfuerzo que es elemento seminal para el trabajo presentado aquí.

Nuestros resultados confirman que el estudio de UCR, CCT & Fonafifo (1998), que en su momento indicó un incremento significativo en la cobertura nacional

forestal y, también, una tasa de deforestación insignificante (< 0.25 % anual) comparada con otros lugares en los trópicos, detectó la presencia de una tendencia que se ha mantenido en los últimos 20 años. En general, este importante logro es resultado de muchos Gobiernos que implementaron políticas de conservación pero, más aun que de eso, es resultado de un cambio en el proceso de generación de riqueza en el país. En general, podríamos decir que la recuperación de la cobertura forestal se da como consecuencia de un colapso del sistema productivo nacional, que estuvo controlado por factores como el precio internacional de la carne y la presencia de una ganadería extensiva en lugar de intensiva; en otras palabras, la recuperación fue consecuencia de una menor extracción de recursos por unidad de uso de la tierra.

Ciertamente, el aumento del nivel educativo en Costa Rica, la introducción de nuevas fuentes de generación de empleo y recursos, así como cambios en las fuentes del producto interno bruto -más producción de servicios y bienes industriales con crecimiento de las exportaciones respectivas (v. g., micro-chips)- han contribuido significativamente a la cobertura actual. De igual forma, legislación como la ley 7575 y -en menor medida- el programa de pago de servicios ambientales han favorecido el incremento de la cobertura forestal desde mediados de los años ochenta. Por lo tanto, es difícil decir que un Gobierno específico o una política específica de las últimas cuatro décadas



A. Huerta. Bosque primario, Heredia.

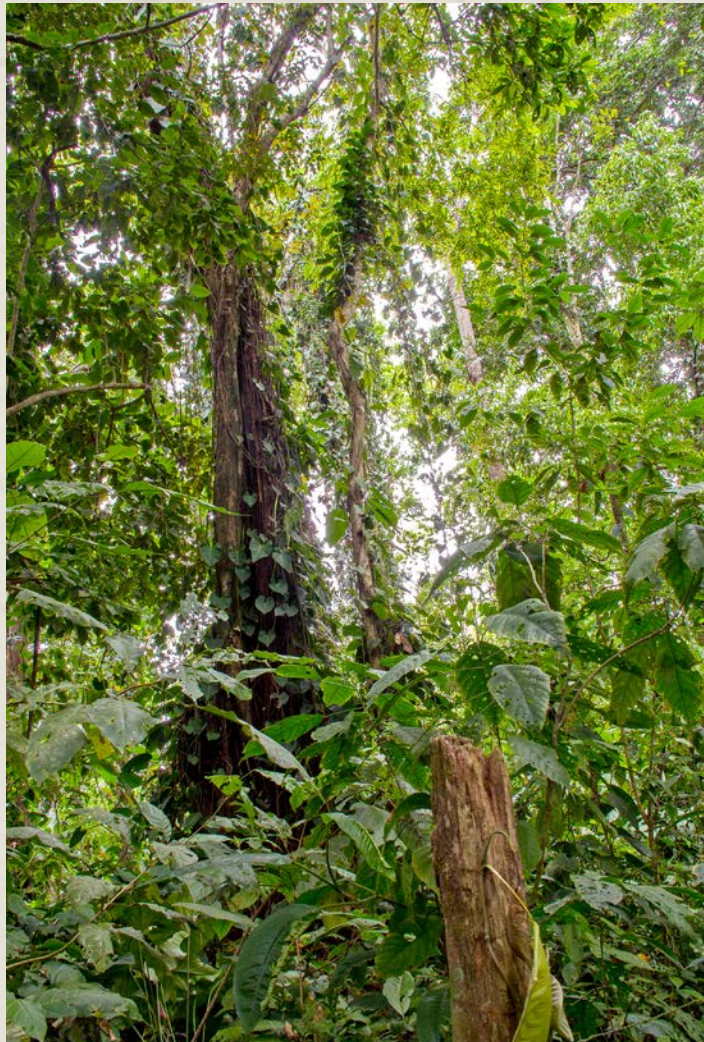
hayan contribuido en mayor medida a incrementar la cobertura forestal del país; antes bien, el proceso es el resultado de una combinación de causas que, miradas como un todo, han producido una cobertura forestal del 51 % actualmente.

A pesar de que la cobertura forestal es significativa y ya está presente en mas del 50 % del territorio nacional, hay que distinguir distintas calidades dentro de tal cobertura. La mayor parte de esta es bosque secundario con edades entre los 10 y los 60 años; y la mayoría del bosque primario está en áreas protegidas donde es baja la probabilidad de que ocurra cambio de uso de la tierra. Mucha de esta

cobertura está ampliamente afectada por efectos de borde, los cuales, como en Brazil, pueden impactar hasta a 1 km dentro del bosque (Skole et al., 1993). De igual forma, la localización del bosque maduro es simplemente un resultado económico, dado que se encuentra en áreas con muy poca o ninguna vocación agrícola. En este sentido, la teoría presentada por Adam et al. (2009) y por Pfaff et al. (2003), que indica que los parques nacionales en el país fueron establecidos en áreas de baja producción agrícola, se verifica claramente en este estudio.

El que Costa Rica tenga una cobertura forestal de 51 % es importante en el sentido de que demuestra la vocación conservacionista del costarricense. Aunque también podría argüirse que tal cobertura es el resultado de cambios en las fuerzas macro-económicas del país en combinación con políticas de conservación en el último medio siglo. A pesar de que la extensión cubierta forestalmente es considerada un éxito a nivel internacional, es claro que una cosa es extensión forestal y otra distinta es su calidad ecológica. Nuestra cobertura actual está altamente fragmentada, es de naturaleza secundaria y hay importantes efectos de borde que no se mencionan cuando se habla de ella. Es importante que los discursos político y ecológico del país comiencen a reflejar esta realidad. En otras palabras: son necesarios mayores esfuerzos para poder obtener una mejor estimación de la cobertura forestal no en extensión sino en su calidad.

En ese sentido, es cardinal que esfuerzos actuales llevados a cabo por instituciones nacionales se orienten a definir la calidad ecológica (biodiversidad, agua, captura de carbono...) de los bosques costarricenses, y que enfoques orientados a definir la extensión de ellos se muevan en un plano secundario. Esto cobra



A. Huerta. Bosque en Limón.

más importancia nacionalmente porque el programa gubernamental de carbono-neutralidad para el año 2021 necesita considerar la capacidad de secuestro de CO₂ por parte de los bosques a lo largo de diferentes etapas de sucesión secundaria. Los esfuerzos en el Parque Nacional de Santa Rosa, en Guanacaste, podrían considerarse ejemplo de la necesidad de cambio de paradigma a nivel nacional.

Referencias

- Adam, K., Ferraro, P., Pfaff, A., Sánchez-Azofeifa, G. A. & Robalino, J. (2009). Measuring avoided deforestation correctly: A method to account for non-random location of protected areas and an application to Costa Rica's protected area system: 1960-1997. *Proceedings of the US Academy of Sciences (PNAS)* 105(42), pp. 16089-16094.
- Arroyo-Mora, J. P., Sánchez-Azofeifa, G. A., Rivard, B., Calvo, J. C. & Janzen, D. H. (2005). Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106(1), pp. 27-39.
- Kalascka, M., Calvo, J. & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2005). Assessment of seasonal changes in species' leaf area in a tropical dry forest in different states of succession. *Tree Physiology* 25, pp. 733-744.
- Pfaff, A. S. P. & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2003). Deforestation Pressure and Biological Reserve Planning: A Conceptual Approach & An Illustrative Application for Costa Rica. *Resource & Energy Economics* 26(2), pp. 237-254.
- Skole, D. & Tucker. (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science* 260, pp. 1905-1910.
- Sánchez-Azofeifa, G. A. (1996). *Assessing Land Use / Cover Change in Costa Rica*. Earth Sciences Department. Durham, New Hampshire, University of New Hampshire. Durham, New Hampshire, EU.
- Sánchez-Azofeifa, G. A. (2000). Land Use/Cover change in Costa Rica: A geographic perspective. En: Hall, C. A., León-Pérez, C. & Leclerc, G. (Eds.) *Quantifying Sustainable Development*. EU: Academic Press. Pp. 473-501.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Pfaff, A., Robalino, A. & Boomhower, J. (2007). Payments for Ecosystems Services in Costa Rica: examining their intention, implementation and impact. *Conservation Biology* 21(5), pp. 1165-1173.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Castro-Essau, K., Kutz, W. & Joyce, A. Quantifying tropical deforestation: from local to regional scales. *Ecological Applications* 19(2), pp. 480-494.
- UCR, CCT & Fonafifo. (1998). *Estudio de Cobertura Forestal Actual (1996/97) y de Cambio de Cobertura para el Periodo entre 1986/87 y 1996/97 para Costa Rica*. San José: Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible.

Agradecimientos

Al Instituto Inter-Americano para el Cambio Global (IAI) y su programa de Redes de Investigación Colaborativas (CRN3-025) por la financiación de la investigación de la que da cuenta este artículo. También al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo), al Instituto Tecnológico de Costa Rica, al National Science and Engineering Research Council de Canadá -específicamente a su programa Discovery Grant Program- por el apoyo que brindaron al estudio.