



Revista Geográfica de América Central  
ISSN: 1011-484X  
revgeo@una.cr  
Universidad Nacional  
Costa Rica

Morera Beita, Carlos; Sandoval, Luis Fernando  
EVALUACIÓN DE LA COBERTURA BOScosa EN COSTA RICA: UN ANÁLISIS A  
NIVEL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN EN EL AÑO 2000  
Revista Geográfica de América Central, vol. 1, núm. 56, enero-junio, 2016, pp. 163-182  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451746028007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

## EVALUACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSA EN COSTA RICA: UN ANÁLISIS A NIVEL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN EN EL AÑO 2000

ASSESSMENT OF THE FOREST COVER IN COSTA RICA:  
AN APPROACH USING CONSERVATION AREAS IN THE  
YEAR 2000

*Carlos Morera Beita<sup>1</sup>*

*Luis Fernando Sandoval<sup>2</sup>*

*Universidad Nacional de Costa Rica*

### RESUMEN

Durante los últimos años, la geografía ha presentado un desarrollo, especialmente en aspectos ambientales, producto del crecimiento de las aplicaciones tecnológicas, lo cual ha expandido vertiginosamente el conocimiento geográfico. Dentro de los temas abordados en esta tendencia se encuentran las investigaciones sobre coberturas de la tierra, los cuales presentan un mayor detalle facilitando el monitoreo de los ecosistemas, tan relevante en estos tiempos de variabilidad y cambios climáticos acelerados. Este artículo analiza la distribución de la cobertura boscosa de Costa Rica para el año 2000, utilizando imágenes Landsat. Se evidencia la presencia de una alta proporción de la cobertura boscosa, especialmente de baja densidad que es producto de proceso acelerado de regeneración natural, especialmente en algunas regiones, lo cual se relaciona con los cambios en el modelo económico que se ha orientado al sector servicio en detrimento de las actividades agro-pastoriles así como algunos factores ecológicos que facilitan la regeneración en ecosistemas

- 1 Académico Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: cmorera@una.cr  
2 Académico Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: luifersandoval@gmail.com

Fecha de recepción: 23 de octubre de 2015  
Fecha de aceptación: 18 de enero de 2016

tropicales. Esta investigación evidencia una reducida superficie de la cobertura boscosa de alta densidad por región de conservación en comparación con la de baja densidad; sin embargo, prevalece la presencia de fragmentos de bosque denso con un tamaño medio relativamente alto, los cuales son adecuados para su conservación ecológica.

**Palabras clave:** Cobertura boscosa, ecología del paisaje, geografía ambiental

## ABSTRACT

Over the past years, geography has faced a dizzying development related to environmental concerns facing today's society. This is facilitated by the development of technological applications, which has expanded the geographical knowledge. Topics addressed within this trend include research on land use, which present detailed information and facilitate the monitoring of ecosystems, which is highly relevant in these days of accelerated climate change. This article analyzes the forest cover in Costa Rica during 2000, using Landsat images. Conservation areas as ecological regions that facilitate the analysis at this level are used in order to identify the local differences of the forest distribution. It is concluded that the country presents a high proportion of the forest cover especially of the low-density one that results from an accelerated process of natural regeneration, especially in some regions. This is related to changes in the economic model that has been oriented to the sector service to the detriment of agro-pastoral activities detriment as well as ecological factors that facilitate regeneration in tropical ecosystems. This research evidenced a reduced area of high-density forest cover by conservation region in comparison to the low-density one. However, the presence of fragments of dense forest with a medium to high surface -which are suitable for ecological conservation, prevails.

**Keywords:** Forest Covert, Landscape ecology and environmental geography.

## Introducción

La geografía, como otras ciencias, sus preocupaciones teóricas-metodológicas, evolucionan de acuerdo a las necesidades de la sociedad y al nivel de conocimiento acumulado. Es así como dentro de la rama emergente de la geografía ambiental, han surgido abordajes preocupados por las transformaciones de los cambios climáticos. En la actualidad, los retos sobre los cambios y alteraciones aceleradas que presentan los ciclos bio-geo-químicos, obligan a monitorear las condiciones ecológicas para generar modelos que pronostiquen su comportamiento y posibles efectos sobre la distribución espacial así como la funcionalidad de las coberturas naturales. Así la geografía enfrenta el reto de establecer metodologías que monitorean las transformaciones de los ecosistemas naturales, para identificar acciones que permitan su preservación tal como el realizado por Tucker y Southworth (2009) en Honduras y Guatemala.

De esta forma, partiendo de Costa Rica, como caso de estudio donde la vegetación natural ha presentado características que permiten evaluar

su comportamiento durante los últimos años, como son una amplia diversidad de ecosistemas y la vulnerabilidad al cambio climático por ser un territorio intercontinental así como interoceánico, este artículo analiza los patrones de la cobertura boscosa durante el 2000, para analizar su distribución a nivel de áreas de conservación en los espacios fuera de las áreas protegidas bajo alguna una categoría de manejo de propiedad estatal (Parque Nacional y Reserva Biológica) así como su distribución espacial de acuerdo a indicador biométricos de paisaje y al nivel de conectividad/fragmentación. Lo anterior, con el objetivo de identificar su comportamiento en cuanto a distribución espacial, especialmente relacionado con superficies de bosques, tamaño y desviación estándar de los mismos.

Lo anterior es fundamental, debido a que Costa Rica es el único país de la región centroamericana que ha revertido sus ritmos de deforestación, incrementando las superficies bajo algún tipo de cobertura boscosa. De acuerdo a la FAO (<http://ecoforestalia.blogspot.ca/2015/10/cuales-son-los-paises-mas-boscosos-del.html>), Belice y Panamá a nivel de la región son los países con mayor cobertura boscosa con 72 % y 57 % respectivamente, mientras que otros países de regiones tropicales como Gabón y Surinam mantienen el 83 % y 90 %. Estos datos, obligan a revisar la veracidad sobre la efectividad de la ruta de reversión de la cobertura boscosa del país, especialmente porque no lograron accesar investigaciones que evaluaran la evolución de cobertura del bosque a nivel nacional fuera de la experiencia de la región centroamericana, que permita reconocer la efectividad sobre este proceso de restauración ecológica, en el sentido de alcanzar los niveles de cobertura boscosa en países como los antes mencionados.

En Costa Rica, investigaciones realizadas por Calvo, Watson, Bolaños, Quesada, Sánchez, González y Ramírez (1999) utilizando las imágenes Landsat iguales a las utilizadas en este estudio evidenció que para los años 1996-1997 la cobertura boscosa del país fue de 40,3 % del territorio terrestre, mientras que para el año 2006 la Universidad de Alberta y el Instituto Tecnológico de Costa Rica realizaron una investigación en las mismas condiciones, encontrando que esta alcanzaba el 51,4 %. Así durante las últimas décadas, Costa Rica se ha transformado en uno de los países que ha logrado remontar las altas tasas de desforestación y tal vez el único en condiciones tropicales que se presenta un proceso de recuperación como lo muestran estudios más recientes del Fondo de Financiamiento

Forestal de Costa Rica (FONAFIFO), 2012), pero se podrá restaurar todo el ecosistema boscosa deteriorado y cuál es la calidad de estos ecosistemas.

Este artículo evalúa el comportamiento de la cobertura boscosa utilizando índices biométricos de paisaje y la ecuación de conectividad/ fragmentación, con lo cual se identifican los principales cambios en cuanto a distribución y transformación espacial de las categorías de uso de la tierra. Aunque ya se han realizado estudios con estas imágenes Landsat 2000 (Sánchez, Foley, Hamilton, Calvo, Arroyo y Jiménez (2002), en esta ocasión los bosques son clasificados en categorías más detalladas y el análisis se presenta a nivel del áreas de conservación, con el objetivo de identificar las dinámicas un mayor detalle como lo recomendó el estudio realizado por FONAFIFO (2012).

Se han realizado una investigación similar a la propuesta, realizada por Calvo y Ortiz (2011) que se centró en el niveles de fragmentación según unidades fitogeográficas para el periodo 1997-2000 y 2000- 2005, con la limitante que no se excluyen algunas categorías de áreas protegidas, lo cual puede generar algún sesgo, así como el ecosistema boscoso es considerado dentro de una única categoría. Partiendo de la experiencia anterior, este artículo evalúa las coberturas de la tierra para Costa Rica en el 2000, centrándose en los ecosistemas naturales con una identificación más detallada de las categorías de bosques, lo cual se analiza a nivel de áreas de conservación, con el objetivo de identificar su dinámica espacial.

### **Metodología**

En la elaboración de la cobertura de uso de la tierra para Costa Rica, se utilizó imágenes satelitales LandSat7 con una resolución espacial de 30 metros y 7 bandas, con un registro de imágenes de dos años comprendidos entre el año 2000 y 2002, tratando de considerar las que contenían menos nubosidad; sin embargo, para fines de esta investigación referirá únicamente al año 2000. Se le aplicó una corrección radiométrica, la cual según (Martínez, Palá y Arbiol, 2004) es necesaria para modelar adecuadamente parámetros físicos realistas y consistentes, al abordar estudios multi-temporales, mismos que facilitan el proceso de clasificación supervisada y de fotointerpretación.

El procesamiento de la imagen consistió en dos etapas. La primera se fundamentó en la identificación de las coberturas como: áreas urbanas, cuerpos de agua, cultivos, vegetación anegadas y manglares, las cual

fueron delimitadas por medio de fotointerpretación. Estas coberturas fueron extraídas de las imágenes principales para reducir la confusión con otras categorías por medio de una máscara, permitiendo clasificar únicamente aquellos sectores de la imagen que no habían sido procesadas. En una segunda etapa se tomó las muestras en la imagen de cada firma espectral de las coberturas faltantes por clasificar como; bosques de alta densidad (BAD) y bosque de baja densidad (BBD) ( ver tabla 1), pastos, nubes y sombras, para las cuales se tomaron 70 muestras por cada una de ellas en las seis imágenes que conforman el territorio nacional, resultado 1260 puntos. Con la reclasificación supervisada se evidenció que no representan más de un 10 % de confusión entre ellas, procedimiento que se realizó con el software ERDAS. Posteriormente cada categoría de uso se convirtió de ráster a vector y se integró en una sola capa vectorial para establecer el mosaico de uso por cobertura para el país. Posteriormente, se procedió a la limpieza del mosaico utilizando como unidad mínima a representar cartográficamente un área de 3600 m<sup>2</sup> dada por la siguiente fórmula:

$$\text{UMC} = (\text{Lpv} \times \text{E} \times 3)^2$$

Donde:

UMC: Unidad Mínima Cartografiable, expresada en m<sup>2</sup>.

Lpv: Límite de percepción visual (0.2 mm a escala del plano) pero expresado en mts.

E: Escala del mapa.

La UMC permitió realizar uniones de las coberturas que no cumplen con dicha área, las cuales son agregadas a las más cercana y para este caso de estudio la gran mayoría estaban inmersas dentro de polígonos más extensos lo cual facilitó su agrupación. Este procedimiento se realizó en el software ArcGis 10.2 con las extensiones (Layer and table views - Make Feature Layer) – (Generalization - Eliminate).

Definida la estructura del paisaje, se procedió a realizar por cada región de conservación establecidas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) la estimación de los índices de paisaje como: tipo de cobertura, número de fragmentos, tamaño medio y desviación estándar

de los mismos, aplicando la extensión PATCH ANALYST del software ArcGis. Además, fueron excluidas las áreas protegidas bajo propiedad del estado como Parques Nacionales y Reserva Biológica (mapa 1), debido que en principio, los procesos de alteración y fragmentación son mínimos, por lo que estas podrían generar un sesgo, aparte que el objetivo de este artículo es analizar los patrones de fragmentación/conectividad de la cobertura boscosa, el cual se centra en espacios con una fuerte actividad antrópica, lo cual se concentra fuera de estas áreas. Además, se excluye el Área de Conservación Isla del Coco, por ser una unidad insular que no presenta información comparable con el resto de las regiones.

Por otra parte, la escala de las imágenes utilizadas permitió la identificación de las coberturas comprendidas en la tabla 1. Además se aplicó la ecuación de fragmentación/conectividad aplicada por Vargas (2008) a nivel de cada Área de conservación donde:

$$IF = \frac{SPTA}{Nm \times (\sum Sm/Dm)}$$

Donde:

*IF*: índice de fragmentación.

*SPTA*: superficie total del área.

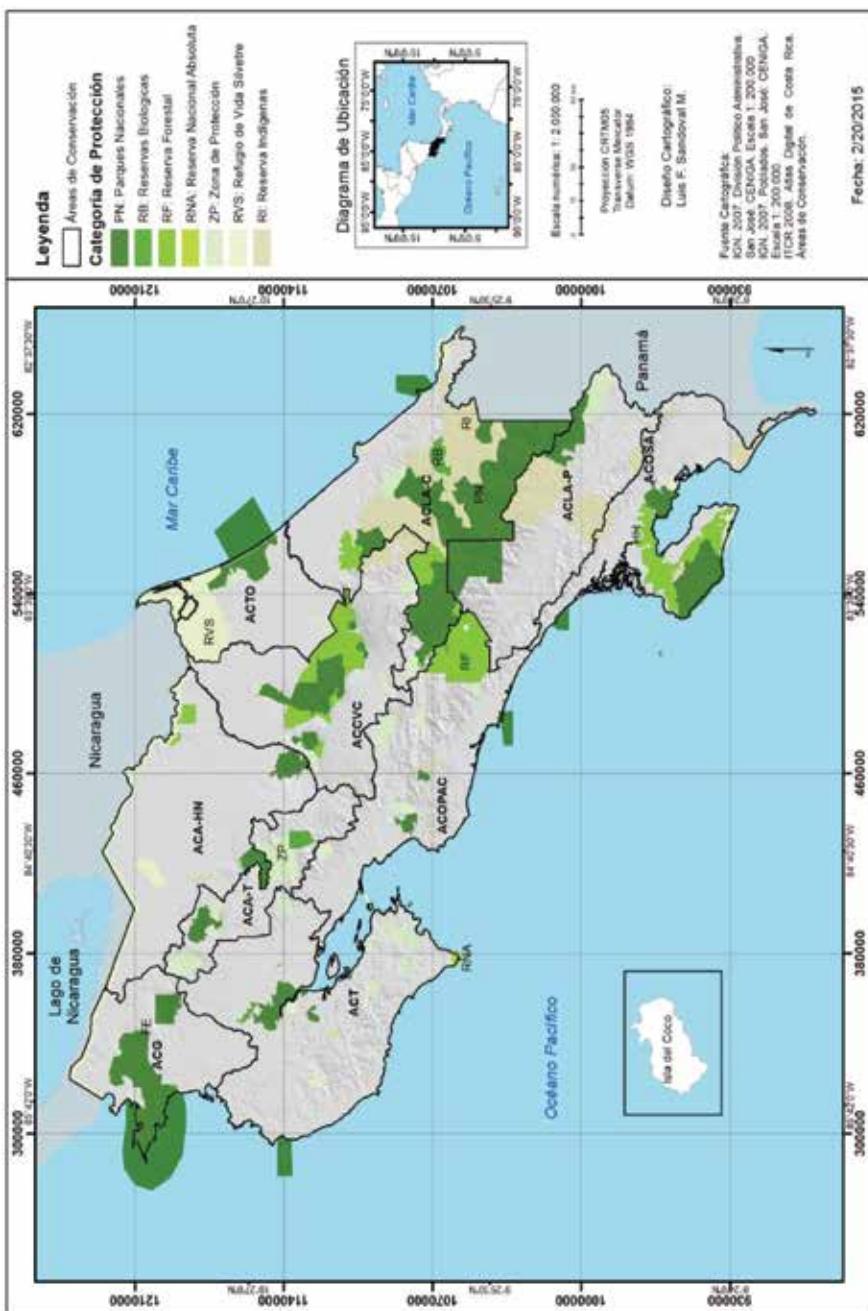
*Nm*: número total de manchas de bosque.

$\sum Sm$ : superficies de las manchas de bosque.

$\sum Dm$ : distancia manchas de bosque medidas desde el centro de cada uno.

La aplicación de esta ecuación genera algunos cuestionamientos que no son resueltos en este artículo. Por ejemplo la variable de distancia entre manchas de bosque medidas desde el centro de cada uno, se asume como la distancia media, valores que pueden estar afectados por valores extremos. Dado que este es un índice que permite la comparación de las diferentes regiones, se siguió el mismo método para los cálculos, reconociendo que se requiere mejorar, lo cual se abordara en futuras investigaciones, especialmente aspectos a nivel local como pendiente, áreas de recarga, entre otros.

Mapa 1. Áreas Protegidas de Costa Rica



**Tabla 1.** Categorías Coberturas de Uso de la Tierra, año 2000

| Categoría                            | Descripción  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Bosque de alta densidad (BAD)</b> | Ecosistemas boscosos caracterizados por la dominancia de las estrategias K, un dosel abundante que limita la luminosidad en el estrato herbáceo y arbustivo, que presenta una limitada presencia de actividad antrópica, que se identifican en las imágenes como áreas con densa densidad del dosel. |
| <b>Bosque de baja densidad (BBD)</b> | Bosques que presentan una contundente intervención humana, generados por procesos de regeneración natural después de eliminarse total o de forma selectiva el bosque primario, debido a actividades antrópicas o por eventos naturales.  |
| <b>Páramo</b>                        | Ecosistemas montano intertropical localizados a más de 3200 msnm, dominado por vegetación húmeda de tipo matorral (arbustos) de origen andino con alta presencia de endemismos debido al aislamiento.  |
| <b>Manglar</b>                       | Bosques pantanosos que ocupan espacios con alta sedimentación donde se mezcla el ambiente marino y el terrestre.   |
| <b>Vegetación anegada</b>            | Se presenta en lugares planos, donde los suelos pasan saturados varios meses del año debido a las altas precipitaciones.   |
| <b>Pasto arbolado</b>                | Eliminación parcial (menos del 50%) de los árboles y remplazado por vegetación de gramíneas debido razones antrópicas, especialmente ganadería extensiva.  |
| <b>Pasto</b>                         | Supresión total de los bosques por perturbaciones humanas y substitución por gramínea para ganadería intensiva.  |
| <b>Cultivos</b>                      | Son áreas con ocupación agrícola que puede ser permanentes o estacionales.   |
| <b>Urbano y Residencias</b>          | Están representados por la ocupación urbano- residencial, acompañado de servicios públicos institucionales, industrial, comercial.   |

Fuente: Adaptado de Morera y Sandoval, 2013.

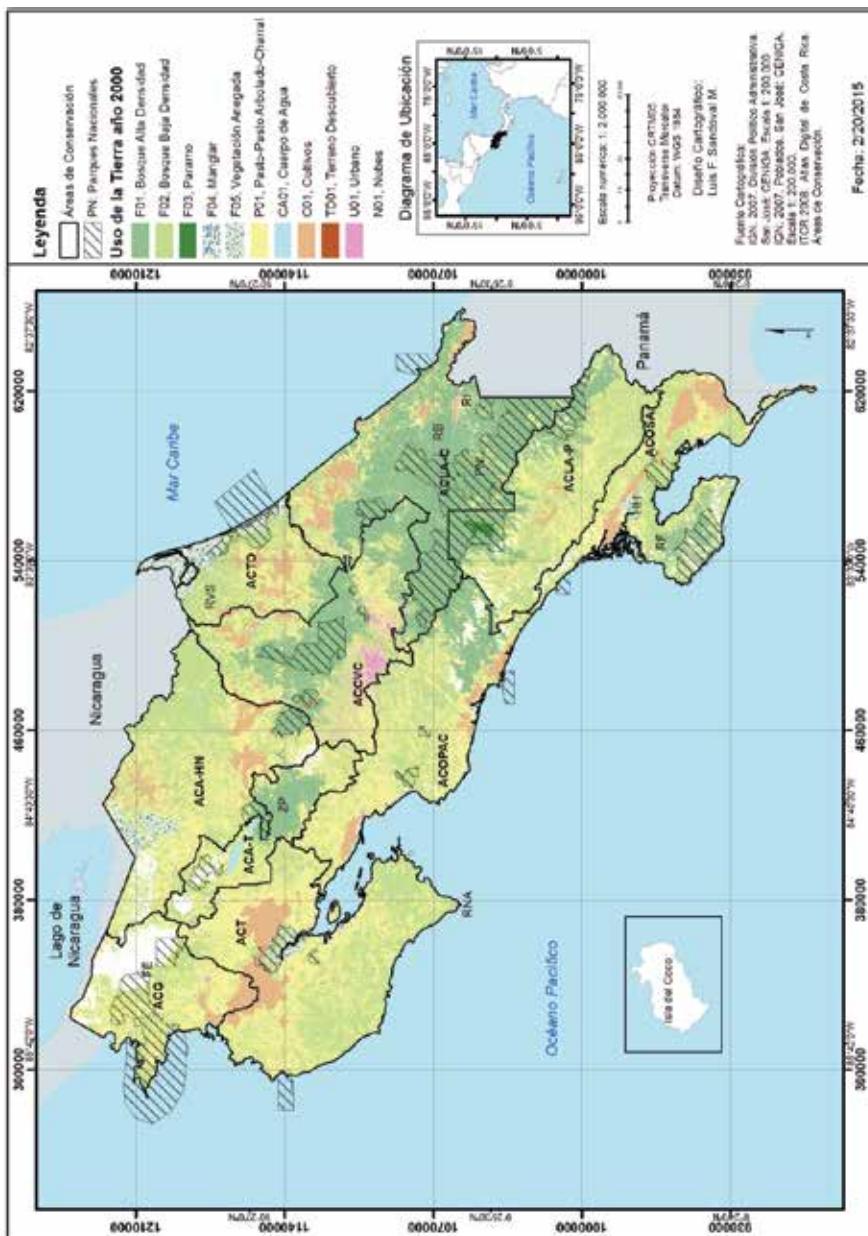
## Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados (mapa 2 y gráfico 1 ) en Costa Rica durante el 2000 se presentaba un 44% (835890 ha) de bosque, de los cuales 13,4 % (6814386 ha) correspondían a BAD mientras que 30,5 % (1549404 ha) era BBD. Los anteriores resultados son similares con el estudio realizado por FONAFIFO (2012), el cual fue de 52,3 % de cobertura boscosa, considerando que si se suma al 44 % de bosque reportado por esta investigación el 12,5 % de los bosques localizados dentro de los parques nacionales y las reservas biológicas, el resultado sería de 56,5 %. Sin embargo, en el anterior estudio no precisa si se excluyen las superficies bajo las categorías de áreas protegidas estatales (parques nacionales y reservas biológicas), lo cual generaría que los resultados de esta investigación estén 4 % encima del valor reportado, que se puede deber al nivel de detalle o la UMC que no se especifica y que puede agregar algunos fragmentos de bosques de pequeñas superficies que otras metodologías no cuantifican.

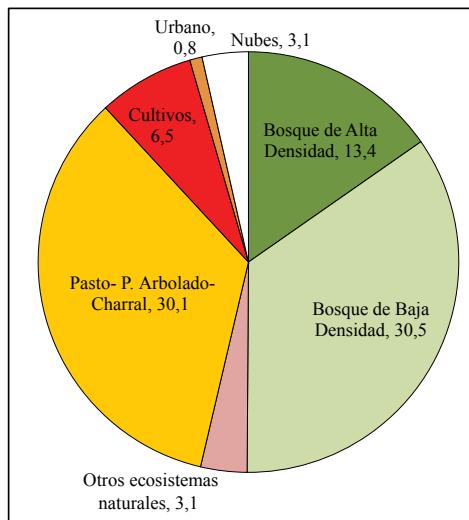
En la categoría de otros ecosistemas naturales dentro de lo cual se incluyeron manglares y otros ecosistemas inundados representaba el 4 %

(141637 ha), lo cual es relativamente bajo y se puede relacionar con el deterioro de los ecosistemas marinos. Los pastos así como los pastos arbolados y los charrales correspondían a 32 % (1198102 ha), lo cual es relativamente alto comparado con otro usos mientras los cultivos sea permanente o temporales representaron el 7 % (258621 ha) y las áreas urbanas solo un 1% (40373 ha), lo cual es relativamente baja, lo que se puede deber al proceso de urbanización dispersa que limita su cuantificación adecuadamente. Las condiciones atmosféricas al momento de toma de imagen landsat en el 2000 generó que las nubes cubrieran el 4 % del territorio nacional, lo cual se puede sumar al sesgo de interpretación de la metodología utilizada.

**Mapa 2.** Costa Rica, 2000. Cobertura de Uso de la Tierra



**Gráfico 1.** Costa Rica, 2010. Coberturas según superficie en %



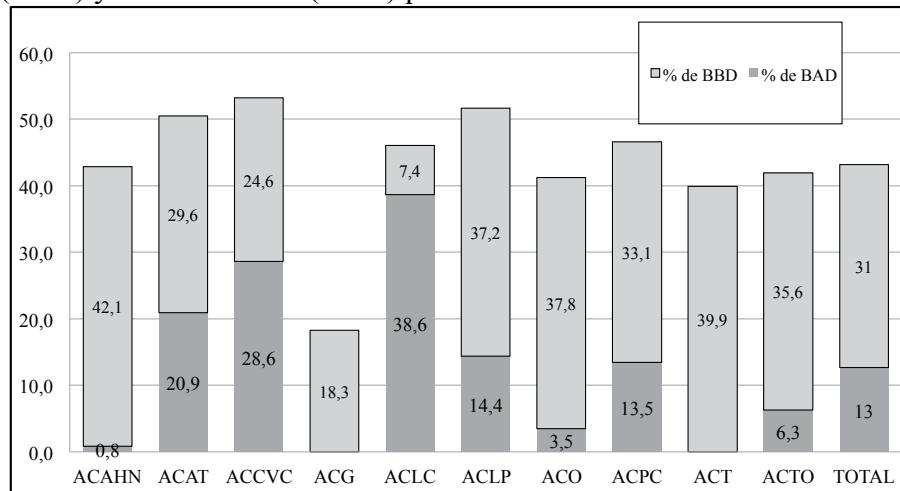
**Fuente:** Elaboración propia a partir de mapa 1.

De acuerdo al gráfico 1, el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC) es la que presenta mayor superficie bosque con 53 %, del cual 161894 ha (25 %) corresponde a Bosque de alta densidad (BAD) y 139272 ha a Bosque de Baja Densidad (BBD) (28 %). Destaca que aunque esta región es la que concentra el mayor desarrollo urbano-industrial, aún se conserva gran parte de masa boscosa, que según estudios de Morera y otros, se explica por la presencia de áreas de fuerte pendiente cubiertas de bosque, así como la transformación de la actividad productiva concentrada del sector primario al sector terciario, que permitido la restauración del ecosistema boscoso (Morera, Romero, Miranda, Avendaño, Alfaro y Nuñez, 2007). En cuanto a superficie, después de ACCVV, la siguiente es el Área de Conservación Amistad Pacífico (ACLP) con un 52 % (272436 ha) de la superficie total, de los cuales el BAD es 76009 (37 %) ha mientras que el BBD es 196427 ha (14 %), lo cual se puede relacionar con el deterioro de la actividad ganadera que ha permitido la regeneración de áreas de pastos (Morera, 2010). Posteriormente el Área de Conservación con mayor superficie de bosque es el Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT) con un 51 % (125252 ha), de los cuales 51865 ha (29

%) es BAD densidad y 73387 ha (30 %) BBD. El Área de Conservación la Amistad Caribe (ACLC), destaca que aunque solo presenta un 46 % del área bajo bosque, es la que conserva mayor superficie en BAD con 332485 ha (38%), lo que cual relaciona con la presencia de reservas indígenas que son sus prácticas culturas han potenciado la preservación de la cobertura boscosa como acota Diéguez (2000).

Por otro lado, el Área de Conservación con menos proporción de bosque con solo un 18,3 % de la superficie es el Área de Conservación Guanacaste (ACG), lo cual es producto del alto desarrollo de actividad ganadera y de extensas plantaciones como caña de azúcar, melón, arroz, entre otros, así como por las condiciones propias de los bosques caducifolios y semi-caducifolios, que retardan los procesos de restauración comparado con bosques perennifolios. Es importante anotar, que la metodología utilizada en esta investigación limito, la identificación de BAD en esta región igual que en el Área de Conservación Tempisque (ACT) debido a que la estacionalidad de las imágenes utilizadas corresponde al periodo de la época seca, sesgo similar al presentado por un estudio realizado por Calvo, Watson, Bolaños, Quesada, Sánchez, González y Ramírez (2009).

**Gráfico 2.** Costa Rica, 2010. Cobertura Boscosa de Baja Densidad (BBD) y Alta Densidad (BAD) por Área de Conservación



**Fuente:** Elaboración propia a partir de mapa 1.

**Nota:** Nomenclatura de áreas de conservación

ACAHN: Área de Conservación Huetar Norte, ACAT: Área de Conservación Arenal Tempisque,

ACCVC: Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, ACG: Área de Conservación Guanacaste

ACLC: Área de Conservación La Amistad Caribe, ACLP: Área de Conservación La Amistad Pacífico

ACO: Área de Conservación Osa, ACPC: Área de Conservación Pacífico Central

ACT: Área de Conservación Tempisque, ACTO: Área de Conservación Tortuguero

El comportamiento de estas dos categorías de bosques, como muestra el gráfico 4, en el caso de la categoría de BAD, el número de fragmentos siempre es menor que en los BBD con excepción de ACT y ACG, lo cual se relaciona con la limitación metodológica explicado anteriormente. Un aspecto positivo a destacar es que mayor superficie de tamaño medio de fragmentos se incrementa para la potencialidad de conservación ecológica como sucede en los casos del ACPC donde aunque se presenta una pequeña proporción de fragmentos de BAD (30), estos tienen un superficie media de 2460 ha o igual caso en ACAT que presenta únicamente 35 fragmentos con un área promedio de 1482 ha. Por otro lado, en otras áreas de conservación, el número de fragmentos de BBD siempre es mayor y con un tamaño promedio relativamente bajo como es el caso de ACCVC donde se presentan 6052 fragmentos pero con un tamaño medio de solo 23 ha, lo cual es un indicador de la alta fragmentación.

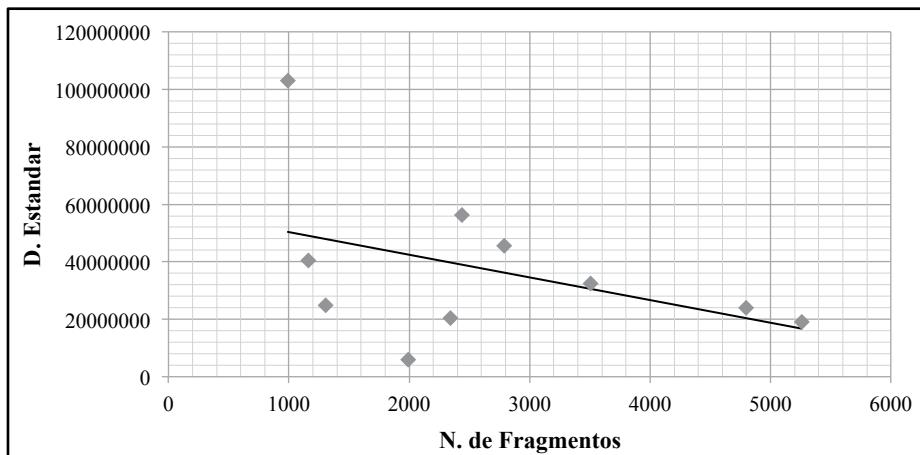
Además, si los anteriores datos lo relacionamos con la desviación estándar se identifica que en las ACTO, ACPC, ACLP, ACLC, ACAT y ACCVC, este índice es mayor en los BAD, evidenciando que en el caso de este tipo de cobertura, los fragmentos tienen superficies más desiguales que los BBD mientras que en las ACTO y ACHN se presenta lo contrario, la desviación estándar es mayor en los BBD mientras que en el caso de ACO los valores son muy similares (1055 y 966). Por lo cual, el patrón determinante en cuanto al índice de desviación estándar de ser mayor en los BBD, donde se presenta una mayor heterogeneidad en cuanto a la superficie de las mismas.

En general se tiende a homogenizar los datos de bosques del país, pero estos datos muestran las asimetrías por regiones de conservación, que es fundamental abordar en futuras investigaciones. Por ejemplo, el ACPC, es la que presenta mayor desviación estándar con BAD, aunque el número de fragmentos es relativamente bajo (30) y la tamaño medio es la más alta calculada con 2460 ha, esta es de 11631 indicando que existen algunos fragmentos de superficies muy pequeños y otras muy altas. Condición similar que se presenta en ACT en el caso de los BAD, sin embargo, las limitaciones metodológicas de identificación del bosque semi- caducifolio y caducifolio generan este sesgo.

El desglose de mayor detalle de cobertura boscosa del país para el año 2000, permite comprender que cada área de Conservación presenta dinámicas propias que cuando son promediadas nacionalmente tienden a no reconocerse como muestra el estudio de Calvo y Ortiz (2011). De tal forma, que los bosques en general tienen unos comportamientos diferentes tanto para BBD como para BAD y aunque se presentan algunos patrones mayoritarias, también se reconocen particularidades para cada región que generan datos diferentes, lo cual se evidencia mayormente en el análisis utilizando índices de paisaje.

Por otro lado, el gráfico 3 muestra, la relación que se presenta entre el número de fragmentos y la desviación estándar, de tal forma que a medida que se incrementa el número de fragmentos se presenta una tendencia media al decrecimiento de la desviación estándar (gráfico 3). De esta forma, el ALAC es la que presenta menor cantidad de fragmentos de bosque (992) con la mayor desviación estándar (103184270). Un comportamiento diferenciado, se identifica el ACT que presenta el mayor número de fragmentos de 5259 y presenta la segunda menor desviación estándar (19225462).

**Gráfico 3.** Costa Rica, 2000. Relación número de fragmentos de bosque y desviación estándar.



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa 1 y aplicación de índices de paisaje.

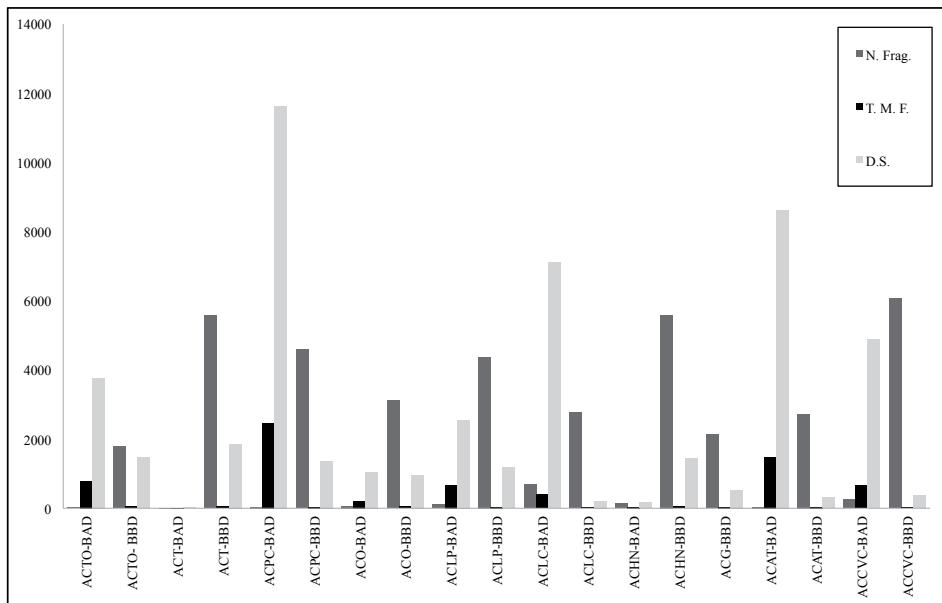
En cuanto a los procesos de fragmentación/conectividad, se identifica que el ACTO es la que presenta menor IF, lo cual se relaciona con que el número de fragmentos de bosques es el menor (1163) superado solo por ACLC que tiene solo 992, aunque esta última presenta una desviación estándar más alta, lo que implica que el ACTO tiene relativamente pocos fragmentos pero de tamaño similares (Tabla 1 y Graf. 5). Por otro lado, el IF bajo lo presenta el ACG, la cual tiene la superficie menor de bosque, lo cual coincide con los resultados de gráfico 2, que muestra esta misma área de conservación como de menor superficie de bosque, lo cual aumenta la posibilidad de una alta fragmentación. Estos mismos argumentos justificarian que el ACT fuera la siguiente en cuanto a una mayor fragmentación.

Por otro lado, destaca que la superficie de BAD del ACAT y ACLP, presentan distancias medias entre fragmentos de bosques relativamente altas, lo cual es indicador de lo separado que están los fragmentos, mientras que el caso del ACCVC y el ACLC presentan mayores desviaciones estándares, lo cual es un indicador que el tamaño de los fragmentos de bosques es muy heterogéneos. El ACG y ACT, muestran una desviaciones estándar más bajas, pero en estos casos las superficies de bosque son las menores, lo que era de esperarse que a menos superficie de bosque menor heterogeneidad en superficie.

**Tabla 2.** Valores para calcular IF para áreas de Conservación. Costa Rica, 2000.

| Área de Conservación | Área Total (m) | Área de Bosque | # de Frag. | Distancia m. de frag (m) | Tamaño M. (m) | D. Estándar | IF |
|----------------------|----------------|----------------|------------|--------------------------|---------------|-------------|----|
| ACTO                 | 2749612015     | 1737660540,67  | 1163       | 13333629375              | 1494119       | 40550719    | 16 |
| ACLC                 | 4670483654     | 3409011038,76  | 992        | 23235605097              | 3436503       | 103184270   | 32 |
| ACLP                 | 4533325404     | 2736047730,30  | 2789       | 54517971086              | 981014        | 45534429    | 33 |
| ACCVC                | 5087582144     | 3049514435,92  | 2437       | 130861966148             | 1251340       | 56243524    | 37 |
| ACAT                 | 2274949841     | 1334777279,11  | 1304       | 36986675999              | 1023602       | 24889657    | 37 |
| ACO                  | 3624611179     | 1967961022,11  | 2340       | 130806008360             | 841009        | 20440557    | 44 |
| ACAHN                | 6329056877     | 3169541558,01  | 4796       | 524504181091             | 660872        | 24125748    | 46 |
| ACPC                 | 5378493094     | 2683313188,95  | 3507       | 290028718181             | 765131        | 32447412    | 47 |
| ACT                  | 7261594224     | 3168870421,78  | 5259       | 660634579606             | 602561        | 19225462    | 55 |
| ACG                  | 2596678077     | 638400415,67   | 1989       | 65896803338              | 320966        | 5966094     | 68 |

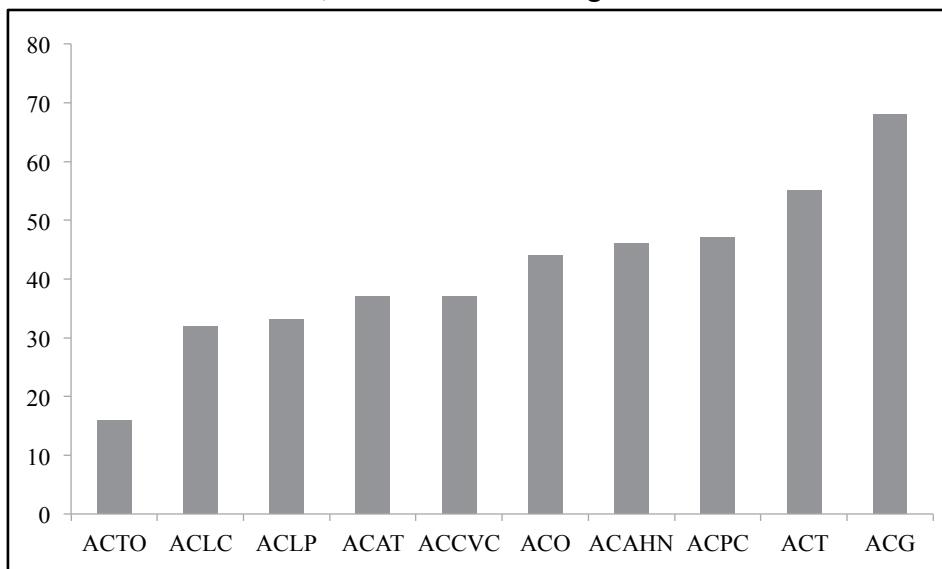
**Gráfico 4.** Costa Rica 2000. Número de Fragmentos (N.Frag.), desviación estandar (D.S.) y tamaño medio (T.M.F.) de los Bosques de Baja y Alta densidad



**Fuente:** Elaboración propia a partir de mapa 1 y aplicación de índices de paisaje.

La distancia media de los fragmentos es menor en el caso de la ACTO, lo cual es un factor determinante en su bajo índice de fragmentación, mientras por otro lado ACT y ACG presenta la más alta influyendo de igual forma en su alto nivel de fragmentación. Los datos de la tabla 2 y el gráfico 5, muestran ligeras diferencias con el estudio realizado por Calvo y Ortiz (2011), que concluye que la unidad fitogeográfica de Llanuras del Tortuguero (Tierras Bajas) es la que presenta mayor nivel de desforestación basado en función a superficies entre los años 1995-2000 y 2000 y 20014. Sin embargo, esta investigación evidencia que en el ACTO, que comprende parte de esta área, se presenta un índice de fragmentación relativamente bajo, aunque el proceso de desforestación sea acelerado especialmente considerando que el BAD es solo 6.3 %.

**Gráfico 5.** Costa Rica, 2000. Índice de Fragmentación/Conectividad



Fuente: Elaboración propia a partir de mapa 1 y aplicación de índices de paisaje.

## Conclusiones

Esta investigación refleja los comportamientos que presentan los ecosistemas naturales en Costa Rica en año 2000, donde los bosques tanto los categorizados como de alta densidad (BAD) y de baja densidad (BBD) de acuerdo a la metodología presentan distribuciones asimétricas en cada

una de las áreas de conservación, aunque se pueden reconocer algunos patrones dominantes. Se evidencia una reducida superficie de la cobertura boscosa de alta densidad por región de conservación en comparación a la de baja densidad, reflejando la presencia de fragmentos de bosque denso con un tamaño medio alto donde prevalece la tendencia a tamaños similares, los cuales son adecuados para su conservación. El abordaje de este estudio es innovador en el sentido de valorar los ecosistemas boscosas a nivel de área de conservación, especialmente porque durante los últimos años se formuló propuestas de conectividad sin evaluar el nivel de densidad de la cobertura boscosa. Así se han planteado corredores biológicos en bosques desfaunados como evidencia el estudio realizado por Alarcón, Anzueto, Galindo, García, Gómez, Porras Ramírez, Santiago, Sarmiento, Trama, Sáenz y Carrillo (2003).

Por otro lado, los resultados muestran que existe una ligera correlación negativa entre el número de fragmentos y la desviación estándar, diferente a lo encontrado por Morera y Sandoval (2015) en una investigación realizada en el distrito de Cahuita, Talamana. Lo anterior, se puede deber a que las dinámicas no son similares debido a que en principio la mayor cantidad de fragmentos incrementa la heterogeneidad, lo cual no se prueba con los datos analizados.

Los resultados reflejan el alto proceso de fragmentación que presenta el ACG y ACT, lo que se relaciona con restringida superficie de bosque así como el tamaño, número de fragmentos y desviación estándar de los mismos. Por otro lado, se identificó la necesidad de revisar la ecuación de fragmentación/conectividad, que permita incluir algunas variables fundamentales como localización de los bosques en función de la pendiente y cercanía a red de drenaje así como espacios de recarga hídrica, que permitan una aplicación más adecuada a las necesidades locales y regionales.

Además, la realización de investigaciones con abordajes regionales deben considerarse básicos para definir acciones diferenciadas que posibiliten el mejoramiento de la conservación, por lo cual se requiere profundizar y replicar especialmente desde las dinámicas temporales, aplicando modelos que pronostiquen escenarios. Los anteriores datos, identifica la necesidad de establecer políticas multisectoriales en cada área de conservación de acuerdo a las particulares de los procesos de fragmentación/conectividad dominantes que incrementen sus preservación y restauración.

## Referencias

- Alarcón, D., Anzueto, A., Galindo, A., García, J., Gómez, C., Porras, L., Ramírez, J., Santiago, J., Sarmiento, R., Trama, F., Sáenz, J. y Carrillo, E. (2003). Evaluación de la biodiversidad en el corredor biológico Corcovado-Piedras Blancas: Una perspectiva integral de paisaje. MINAE, INBIO, The Nature Conservacy y Maestría en Manejo de Vida Silvestre. Heredia, Costa Rica
- Arroyo, J., Sánchez, A., Rivard, B., Calvo, J. y Janzen, D. (2005). Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. En *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106. 27-39.
- Bennet, A. (2004). Enlazando el paisaje: *El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida Silvestre*. San José, Costa Rica: IUCN. 2000. El mito de la naturaleza intocable. Editorial Abya Ayala. Quito, Ecuador.
- Calvo, A. y Ortiz, E. (2011). Fragmentación de la cobertura forestal en Costa Rica durante los periodos 1997-2000 y 2000-2005. En : Revista *Forestal Mesoamericana Kurù*, 9. (22), pags.10-21. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Calvo J., Watson V., Bolaños R., Quesada C., Sánchez, A, González P. y Ramírez, J. (1999). Estudio de la cobertura forestal de Costa Rica empleando imágenes Landsat 1986/1987 y 1996/1997. Documento presentado en el marco del XI Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica.
- Fondo de Financiamiento Forestal de Costa Rica (FONAFIFO). (2012). “Estudio de la Cobertura Forestal de Costa Rica 2009-2010. En: <http://minae.go.cr/recursos/documentos/coberturas-forestal/estudio-cobertura-forestal-FONAFIFO-marzo-2012.pdf>”.
- Martínez, L., Palá, V. y Arbiol, R. (2004). Corrección atmosférica en espectro solar para series multitemporales. Aplicación a imágenes landsat 7 etm. Unidad de teledetección. Instituto Cartográfico de Catalunya. Barcelona. España.
- Morera, C. (2010). Estructura del Paisaje y Desarrollo Turístico en la Fila Brunqueña, Costa Rica. Revista Geográfica de América Central, 44.91-108. Heredia, Costa Rica

- Morera, C. y Sandoval, L. (2013). Los procesos de fragmentación y la conectividad forestal en Costa Rica: Dos casos de estudios. En: Geografía, Paisaje y Conservación. ECG - UNA. Heredia. Costa Rica.
- Morera, C. y Sandoval, L. (2015). Aplicabilidad de indicadores de estructura de paisaje para evaluar transformaciones en escenarios tropicales. En: Métodos y Técnicas Geográficas Aplicadas al Ambiente: Una Visión Latinoamericana. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. En prensa
- Morera, C. y Sandoval, L. (2012). Estructura del paisaje y desarrollo turístico en Cahuita, Talamanca. En: *Revista Geográfica de América Central, 48E*. Escuela de Ciencias Geográficas, UNA. Heredia, Costa Rica.
- Morera, C. Romero M., Miranda P., Avendaño D., Alfaro M. y Nuñez J.F. (2007). Análisis del territorio periurbano, actividades ecoturísticas y paisaje del GAM, Costa Rica. Informe Final. Licitación: ES-APEP-2006. PRUGAM. San José, Costa Rica
- Sánchez, A. Foley, S. Hamilton, S. Calvo, C. Arroyo, P. y Jiménez, V. (2002). Estudio de Cobertura Forestal de Costa Rica imágenes Landsat TM/ para el año 2000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- Tucker, C. y Southworth, J. (2009). Processos de mudanca florestal em nível local e de paisagem em Honduras en Guatemala. En: Ecossistemas Florestais: interacao homem-mbiente. USPI. Sao Paolo, Brazil.
- Vargas, G. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. 1975-2007. En: *Revista Reflexiones, 87(2)*, 9-38.
- Universidad de Alberta y Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2006). Estudio de monitoreo de cobertura forestal de Costa Rica, 2005. San José: Universidad de Alberta, Canadá e Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Food Agriculture Organization (FAO). (2015). <http://ecoforestalia.blogspot.ca/2015/10/cuales-son-los-paises-mas-boscosos-del.html>