



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

**Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en
Guanacaste, Costa Rica.**

CLAUDIA ANDREA TAPIA ARENAS

Cartago, Costa Rica

2016

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica.

Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica.

Miembros del Tribunal Evaluador



Lic. Ana Julieta Calvo Obando



Lic. Dorian Carvajal Vanegas



Ph.D. Julio César Calvo Alvarado

Director de Tesis

DEDICATORIA

A mi hijo, a mi pareja, a mis padres y mis hermanos.

A los que ya no están, los pequeñitos y los grandes: Didac y Mario.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó dentro del marco del Proyecto Tropi Dry, financiado por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN3 025 con aportes de US National Science Foundation (Grant GEO-1128040) y de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Tecnológico de Costa Rica. A ellos gracias por la oportunidad brindada para desarrollar este proyecto.

A mi profesor guía, PhD. Julio César Calvo Alvarado, por su valiosa colaboración y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A Ana Julieta Calvo y Dorian Carvajal, por su apoyo incondicional y constante.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iii
TABLA DE CUADROS Y FIGURAS.....	iv
CAPÍTULO 1.....	1
Artículo Científico.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA.....	6
Área de estudio.....	6
Métodos.....	6
Análisis SIG.....	6
Recopilación de información.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
Cambios de Cobertura forestal 2005-2015.....	8
Contexto socio-económico de los cambios de cobertura forestal.....	12
Datos socio – económicos y ambientales.....	14
CONCLUSIONES.....	19
RECOMENDACIONES.....	21
REFERENCIAS.....	23

TABLA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Imágenes Landsat 8 descargadas de USGS para el estudio de Cobertura Forestal año 2015.	7
Cuadro 2. Porcentaje de las Áreas Silvestres Protegidas y no protegidas en el área de estudio con pérdida de cobertura forestal, recuperación de cobertura forestal y sin cambio de cobertura para el periodo 2005 - 2015.....	9
Figura 1. Mapa de la cobertura forestal en los años 2005, 2015 y sus cambios en Guanacaste.....	10
Cuadro 3. Hectáreas y porcentaje del área de las coberturas clasificadas en la Provincia de Guanacaste para el 2015.	11
Cuadro 4. Distribución de las áreas bajo el programa de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en Guanacaste.....	17

CAPÍTULO 1.

Artículo Científico

Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica,

Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica.

Claudia Andrea Tapia Arenas, Julio César Calvo Alvarado, Ana Julieta Calvo Obando

RESUMEN

Costa Rica experimentó una acelerada deforestación entre las décadas de los 60's y 70's, pero posteriormente impulsó una serie de medidas de conservación para revertir ese proceso destructivo. Por esta razón, Costa Rica ha registrado una recuperación importante de cobertura forestal a partir de los años 80's y al día de hoy la provincia de Guanacaste es uno de los ejemplos más significativos de esta recuperación. El propósito de este trabajo fue analizar el cambio de la cobertura forestal de la Provincia de Guanacaste y analizar los factores más importantes que influyen en la recuperación y pérdida de la cobertura forestal, para ofrecer elementos de planificación y gestión territorial, y la conservación de recursos naturales. Para el logro de este objetivo, se analizaron imágenes satelitales Landsat 8 con Sistemas de Información Geográfica, para comparar así la dinámica de cambio de cobertura forestal entre los años 2005 y 2015. Los resultados indican que la cobertura forestal fue equivalente a un 51% del área de la Provincia en el 2005 y que ésta incrementó a 59.8% en el 2015. Los factores más importantes que parecen haber contribuido a esta recuperación continúan siendo: la desaceleración de la actividad ganadera, la transformación de la economía guanacasteca hacia el sector terciario, específicamente el turismo y la disminución en la presión de los bosques para madera y el uso de leña como combustible para la cocina. También se encontró una pérdida de 63 650 ha de cobertura forestal por el cambio de uso a pastos (84%) y a cultivos agrícolas (12%). Se presume que esta pérdida de cobertura se asocia con la incidencia de frecuentes e intensivos incendios forestales que suceden en esta provincia. Otros usos de la tierra identificados para el año 2015 y su porcentaje de extensión son: pastos 27.6% (279 738 ha), agrícola 5.5% (55 502 ha), suelo desnudo 4.1% (41 514 ha), nubes y sombras de nubes 0.8% (8 612 ha), infraestructura urbana 0.4% (3 682 ha), agua 0.4% (4 566 ha) y otros usos no clasificados 1.4% (14 324 ha).

Palabras clave: Bosque seco tropical, deforestación, restauración forestal, pago de servicios ambientales, conservación de bosques, desarrollo sostenible, cambios del uso de la tierra, sensores remotos, política ambiental, SIG, socio-economía, incendios forestales, Guanacaste, Costa Rica.

ABSTRACT

Costa Rica experienced a rapid deforestation between the decades of the 60's and 70's, however later drove a series of environmental management policies to reverse this destructive process. For this reason, Costa Rica has registered a significant forest cover recovery since the 80's and today the Guanacaste Province is one of the most representative examples. The purpose of this study was to analyze the forest cover change in the Guanacaste Province and identify the most important factors influencing in the recovery and loss of forest cover, to provide elements for land use planning and management together with the conservation and management of natural resources. To achieve this objective, we analyzed Landsat 8 satellite imagery with Geographic Information Systems, in order to compare the dynamics of forest cover changes between the years 2005 and 2015. The results indicate that in 2005 the forest cover was equivalent to 51% of the area of the province, this coverage increased to 60% in 2015. The most important factors that seem to contribute to this continuous forest cover recovery are: a decreased of livestock, transformation of the economy towards the tertiary sector - specifically tourism, and a reduction of the pressure of forest for firewood and timber. We also found a loss of than 63,500 ha of forest cover, this land was transformed to pasture (84%) and crops (12%). The detected forest cover loss is presumably associated with frequent and intensive forest fires taking place in this Province. Other land uses identified for 2015 and its extension are: pasture 28% (279,738 ha), agriculture 5.5% (55 502 ha), bare soil 4.1% (41 514 ha), clouds and cloud shadows 0.8% (8612 ha), urban infrastructure 0.4% (3682 ha), water bodies 0.4% (4 566 ha) and other uses non classified 1.4% (14 324 ha)

Key words: Tropical dry forest, Deforestation, Forest restoration, Payments of Environmental Services, Forest conservation, Sustainable development, Land use/land cover change, Remote Sensing, GIS, Environmental Policy, Forest Fires, Guanacaste, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Varios estudios indicaban que durante los años setenta y ochenta Costa Rica reportaba tasas anuales de deforestación muy altas, de alrededor de 1% del territorio del país, lo que la ubicaba como una de las más altas en el mundo (Roseri & Palloni, 1998; Calvo, 1990). No obstante estudios más detallados posteriormente encontraron que la dinámica de las tasas de cambio de la cobertura forestal a nivel nacional eran más bajas reportando tasas de pérdidas de 35 000 ha/año para el período 1960-79, 39 000 ha/año para 1979-1986. Luego el proceso se revirtió a tasas de recuperación de 17 000 ha/año para los periodos 1986-2000 y de 26 000 ha/año para 2000-2005 (Calvo-Alvarado, et al., 2009; Sánchez-Azofeifa et al., 2006; Sánchez-Azofeifa et al., 2002; Quesada et al., 1998).

Este cambio en Costa Rica de tendencias entre deforestación a restauración, se debió al impulso del país, a finales de los 70's, en la políticas ambientales y de conservación (Calvo, 1990). Más recientemente en 1997 se aprueba la Ley Forestal 7575 donde se prohíbe el cambio de uso del bosque, se fortalecen las áreas de conservación y se crea el programa de Pago por Servicios Ambientales, entre otras medidas (Calvo-Alvarado et al., 2008a; 2009). Estas acciones más el efecto de otros factores económicos y sociales, repercutieron en la disminución de las tasas de deforestación y el aumento en las tasas de recuperación de cobertura de bosques (Ceballos et al. 2009, Garvin et al., 2015; Calvo-Alvarado et al., 2009; Calvo-Alvarado 2009, Castillo et al., 2013), y de forma particular en la Provincia de Guanacaste o región Chorotega (Calvo-Alvarado et al., 2009; Calvo-Alvarado et al., 2008a; Cordero-Montoya et al., 2008; Arroyo et al., 2005; Castillo-Nuñez et al., 2012).

Guanacaste fue la provincia más impactada por la deforestación, con el agravante de que es donde originalmente se encontraba el 97% de los bosques secos del país (Bolaños & Watson, 1993). Los bosques secos tienen una gran importancia

ecológica, aunque ha sido poco estudiado y su protección es mínima en el Neotrópico. Entre las excepciones está el Parque Nacional Santa Rosa, que es uno de los pocos sitios mejor protegidos y estudiados en el mundo (Sánchez-Azofeifa et al., 2005a; Sánchez-Azofeifa et al., 2005b; Calvo-Alvarado et al., 2013; Sánchez-Azofeifa et al., 2013, Portillo-Quintero et al., 2015; Castillo et al., 2013). Por otro lado, esta provincia ha experimentado fuertes cambios en su estructura socio – económica, pasando de ser una región dedicada principalmente al sector primario hacia el sector terciario, según datos del último censo (INEC, 2015a) y estudios previos (Calvo-Alvarado et al., 2009; Arroyo et al., 2005). Todos estos cambios han tenido una repercusión importante en el uso de los recursos naturales, siendo el de mayor relevancia la restauración de la cobertura forestal y la generación recientemente de conflictos por el uso del agua, debido a la intensificación de riego en la agricultura y a la alta demanda de agua por desarrollos turísticos e inmobiliarios (Calvo-Alvarado et al., 2009; Guzmán y Calvo-Alvarado, 2013 y 2012; Calvo-Alvarado et al., 2008b; Jiménez et al., 2005).

Como se ha revisado en este apartado, se han realizado varios estudios para conocer y analizar los cambios en la cobertura forestal del país, sobre todo de la provincia de Guanacaste. Este acervo de datos es único y es importante actualizarlo con un nuevo estudio sobre los cambio de cobertura forestal de la Provincia de Guanacaste para el periodo 2005-2015. Este análisis permitiría evaluar si se mantienen las tendencias de recuperación de cobertura forestal y si los factores socioeconómicos y de política ambiental han variado o se mantienen. En este contexto se justifica el planteamiento de este estudio dentro del marco del Proyecto Tropi Dry (Alvarez et al., 2008), financiado por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN3 025 con aportes de US National Science Foundation (Grant GEO-1128040) y de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Tecnológico de Costa Rica.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La provincia de Guanacaste se ubica al noroeste de Costa Rica (ver figura 1) con un área de 10 140 km² (CIENTEC, 2007). Las Zonas de Vida predominantes (Holdridge, 1967) son el bosque húmedo premontano transición a basal con 41% del territorio, seguido por el bosque húmedo tropical con 23% y el bosque seco tropical con 10% (Bolaños & Watson, 1993).

Métodos

El estudio comprende dos métodos de recolección de datos: a) el primero consiste en un análisis SIG (Sistemas de Información Geográfica) de datos generados por la aplicación de sensores remotos, que permitió realizar el cruce de información de coberturas de bosque generados para los años 2005 y 2015 y b) el segundo, fue una revisión de literatura de estadísticas socio-económicos y ambientales para interpretar la dinámica de cambio de cobertura forestal.

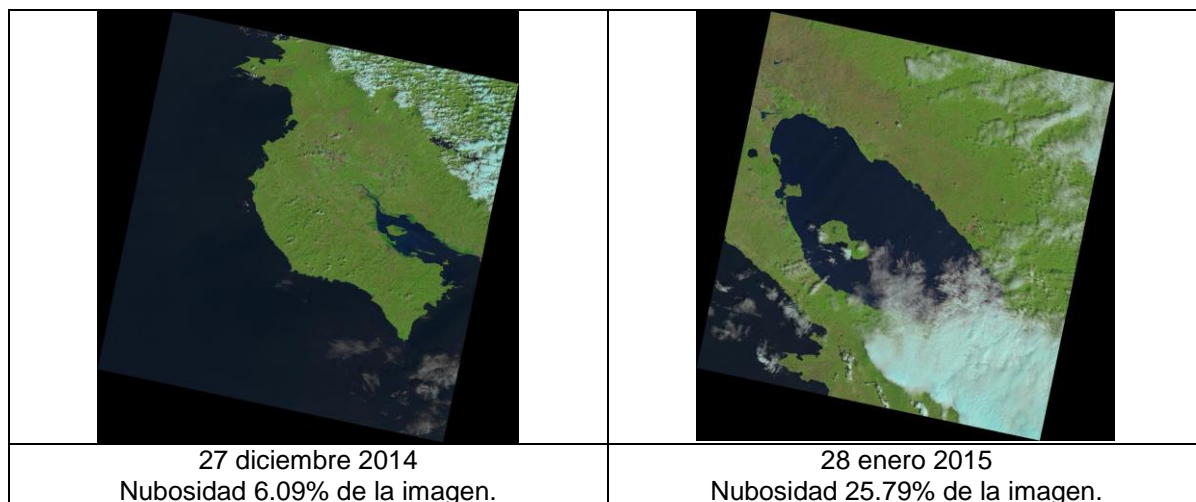
Análisis SIG

Para generar la información de cobertura forestal del 2015, se realizó una clasificación no supervisada de dos imágenes de satélite LANDSAT 8 de USGS (United States Geological Survey, 2015) que cubren la extensión del área bajo estudio. Estas imágenes fueron tomadas en diciembre 2014 y enero 2015, y como se aprecia en el Cuadro 1 la presencia de nubes en la zona de estudio fue mínima.

La corrección atmosférica de las imágenes se hizo con el complemento “Semi-automatic classification plugin” (Congedo, c2015), de Quantum Gis 2.10 (Quantum GIS Development Team, 2015) luego se elaboró una máscara de nubes, sombras y cuerpos de agua continental utilizando una segmentación con GRASS 7.0 (Clements et al., 2015). Para la interpretación y clasificación de las imágenes 2014-2015 se utilizó el software ERDAS 9.2 (Hexagon Geospatial, 2008) para realizar una iso-

clasificación de 70 clases para luego agruparlas en 5 clases de cobertura: agrícola, forestal, infraestructura, pastos y suelos desnudos en ArcGis 10.2 (ESRI, 2013) y utilizando Google Earth (2015) para hacer verificaciones. Se utilizó información de la capa de tipos de bosque 2012 (Ortiz et al., 2013) para completar vacíos de información por presencia de nubes-sombras en ambas imágenes. La capa de tipos de bosque de Ortiz et al. (2013) utiliza la clase “No Forestal” que se compone de varias categorías (bancos de arena, suelo desnudo, cultivos agrícola, entre otros.), por esa razón en nuestra clasificación reportamos la clase denominada “otros usos no clasificados” (ver Cuadro 3). Para la clasificación 2015 se determinó una precisión de clasificación de 92%, empleando 528 puntos de control distribuidos aleatoriamente en las imágenes empleando el software QGis 2.10 (Quantum GIS Development Team, 2015).

Cuadro 1. Imágenes Landsat 8 descargadas de USGS para el estudio de Cobertura Forestal año 2015.



La capa de cobertura del 2005 se tomó del Atlas Digital de Costa Rica 2014 (EOSL, et al., 2006). Para utilizar esta capa se aplicó una corrección de geometría utilizando GRASS 7.0 (Clements et al., 2015) para luego realizar la intersección de ambas

capas (2005 y 2015) con el software ArcGis 10.2 (ESRI, 2013). Es importante resaltar que la cobertura forestal comprende tanto bosques (maduros y secundarios) como plantaciones forestales para ambos años. Adicionalmente, se usó la capa de Áreas Silvestres Protegidas del Atlas Digital (SINAC, 2009) para hacer un análisis geo-espacial de los cambios de cobertura en éstas áreas.

Recopilación de información

Se recopiló información socio-económica de: Dirección General de Migración y Extranjería (DGME), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio), Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER), Sistema de Información de Recursos Forestales (SIREFOR) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). La recopilación de información presentó dos retos grandes: el primero la disponibilidad de datos para diferentes años y segundo, la división administrativa del país, dado que es diferente para cada institución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios de cobertura forestal 2005-2015.

La extensión total de la Provincia de Guanacaste es de 1 014 244 ha, la cobertura forestal para el 2005 se estimó en 51% (518 249 ha) y para el 2015 incrementó a 60% (606 305 ha, ver figura 1). La tasa de pérdida de cobertura forestal neta anual para el mismo periodo fue de -9 145 ha/año. En total se perdió 63 650 ha, el 84% de esa área se debió al cambio de uso a pastos y el 12% por cultivos agrícolas incluyendo suelo desnudo. La pérdida de cobertura forestal se concentra en los distritos de La Garita, Porazal y al noroeste de Bagaces. Por su parte la recuperación de la cobertura forestal se concentra en los distritos La Cruz, Quebrada Grande y al sur de Bagaces.

En el cuadro 2 se observa la información desagregada del porcentaje de superficie dentro de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y no protegidas que se identificaron como pérdidas, recuperadas y sin cambio. Las áreas sin cambio representaron un mayor porcentaje tanto en las áreas silvestres protegidas como las no protegidas.

Cuadro 2. Porcentaje de las Áreas Silvestres Protegidas y no protegidas en el área de estudio con pérdida de cobertura forestal, recuperación de cobertura forestal y sin cambio de cobertura para el periodo 2005 - 2015.

Áreas	Pérdida cobertura forestal	No Data	Recuperación cobertura forestal	Sin Cambio	Ha
• Fincas del Estado	4.0	1.2	31.2	63.7	481.6
• Humedales	5.6	1.3	20.6	72.5	3 838.4
• Otras áreas protegidas	2.4	0.0	19.5	78.1	12 382.4
• Parques Nacionales	4.0	2.2	13.3	80.5	110 648.8
• Reservas Biológicas	6.1	0.0	4.8	89.1	2 648.8
• Reservas forestales	33.9	0.0	6.9	59.2	222.5
• Refugios de vida silvestre	9.0	6.4	21.9	62.7	16 090.2
• Zonas protectoras	3.7	3.2	12.2	80.9	16 583.1
Total de áreas protegidas	4.4	2.5	14.6	78.5	162 893.7
Sin protección	6.6	1.5	15.4	76.4	851 350.3

La pérdida de cobertura forestal que se presenta en las áreas protegidas suma 7 167 hectáreas mientras que en las áreas no protegidas esta pérdida fue de más de 56 mil hectáreas. El Corredor Fronterizo representó el área protegida con mayor cantidad de hectáreas con pérdida (+ 1 300 ha), en contraste el Parque Nacional Guanacaste mostró la mayor recuperación con cerca de 6 500 ha durante este periodo.

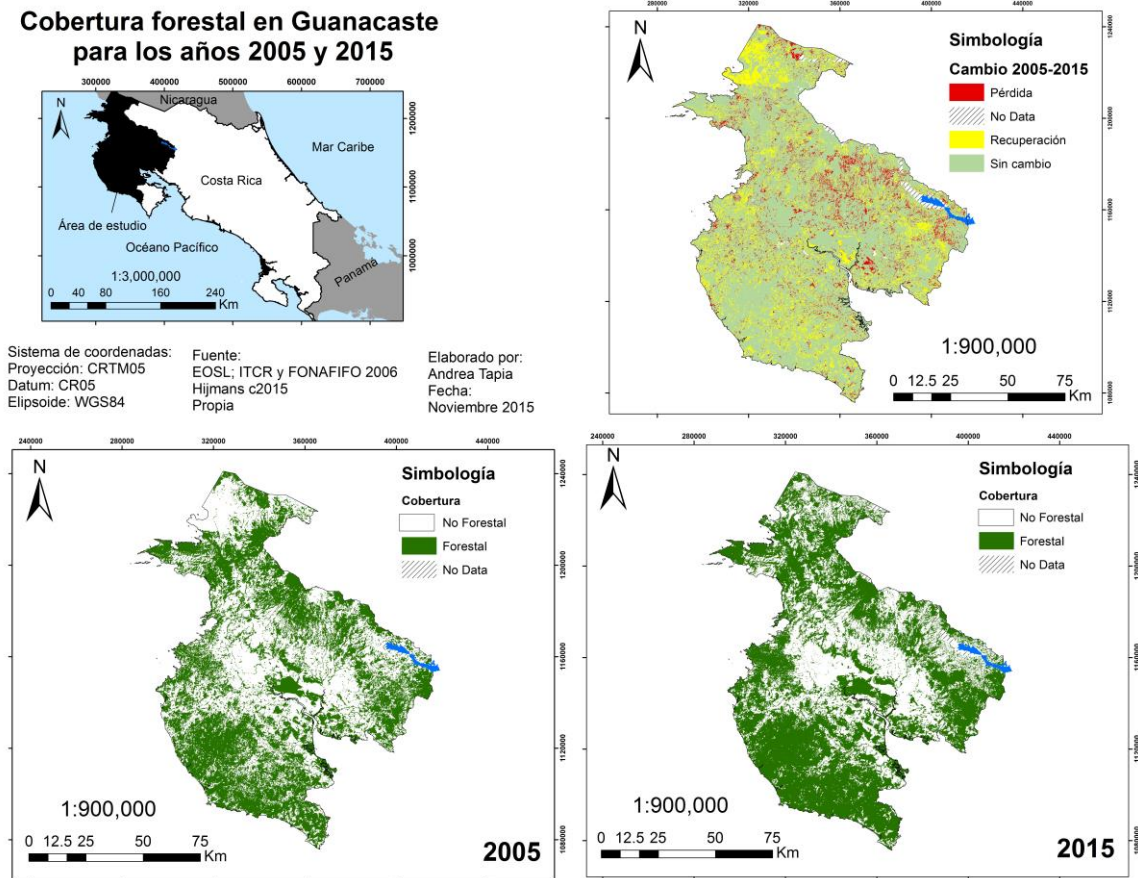


Figura 1. Mapa de la cobertura forestal en los años 2005, 2015 y sus cambios en Guanacaste.

Por otro lado, la tasa de recuperación neta anual para el periodo 2005 – 2015 fue de poco más de 15 500 ha/año, para un total de 155 102 ha durante el periodo, cerca de 24 mil ha en áreas protegidas y 131 mil en áreas no protegidas. La tasa de recuperación de cobertura forestal bruta equivale a un 1.5 % anual para el periodo 2005 – 2015. Si se toma en consideración la pérdida de cobertura, entonces la tasa

de recuperación disminuye a 0.9% anual, esto evidencia una desaceleración en la recuperación de la cobertura forestal para la región tomando en consideración los datos reportados por Arroyo et al. (2005) de 1.6% anual para el periodo 1979 – 1986 y 4,9% anual para el periodo 1986 – 2000 en la región Chorotega. Esta desaceleración es de esperar no solo para Guanacaste sino también para todo el país, tal como lo señala Ortiz (2010).

En cuanto a la extensión de los cultivos agrícolas y el suelo desnudo, se determinó que hay un 10% (97 016 ha) del territorio en el 2015 con esta cobertura. La mayor característica de estas áreas es que se concentran en extensos bloques en suelos aluviales de excelentes propiedades físicas y químicas y que consumen grandes cantidades de agua para riego (Guzmán & Calvo-Alvarado, 2012), donde es raro observar árboles aislados en esa cobertura o cercas vivas como sí se observan en la mayoría de las áreas de pasto. En el cuadro 3 se observa la información de cobertura según la clasificación del 2015.

Cuadro 3. Hectáreas y porcentaje del área de las coberturas clasificadas en la Provincia de Guanacaste para el 2015.

Cobertura	Hectáreas	%
Forestal	606 305	59.8
Pastos	279 738	27.6
Cultivos Agrícolas	55 502	5.5
Suelo desnudo	41 514	4.1
Otros usos	14 324	1.4
Nubes/Sombras	8 612	0.8
Agua	4 566	0.4
Infraestructura urbana	3 682	0.4
Total	1 014 244	100

Contexto socio-económico de los cambios de cobertura forestal.

La dinámica de cambio de cobertura se centra en procesos de conversión de pastos a cobertura forestal y viceversa, que es una tendencia marcada desde los años 80's al presente (proceso de restauración) según Calvo-Alvarado et al. (2009). Las causas de los procesos de restauración parecen ser las mismas reportadas en los anteriores estudios, no así las causas de deforestación o pérdida, debido claramente a que la pérdida de cobertura forestal en este último periodo de estudio no se relaciona a la eliminación del bosque para expansión de pasturas, que fue la principal causa de deforestación antes de los años 80's. En este caso la causa principal parece estar muy relacionada al impacto de los incendios forestales.

Durante las últimas dos décadas el impacto de los incendios forestales han sido más documentados, lo cual permite una mejor interpretación del impacto de los incendios en el paisaje Moline (1999). Un estudio de Lobo-Valverde (2005) revela que entre 1998 al 2004, en promedio en Costa Rica se quemó más de 40 000 ha/año, siendo las áreas afectadas: pastos (36.17%), charrales y bosques (28%), áreas cultivadas y otros (36%). Este reporte indica que durante este periodo la mayor parte de los de los incendios ocurrieron en Guanacaste (72%).

Datos más específicos para el año 2015 (SINAC-MINAE, 2015), precisan que Guanacaste es la región que más concentra la incidencia de incendios forestales, representando un 78% del área total afectada a nivel nacional. Para ese mismo año las áreas quemadas fueron: tacotales y charrales (17 447 hectáreas, 43%) y bosque secundario (10 261 hectáreas, 25%), lo que representa un total de 68% de cobertura forestal quemada. En este mismo reporte se discute que las causas de los incendios forestales han sido varias, de los 90 incendios forestales que atendió el SINAC-MINAE en el 2015 las causas fueron vandalismo (46%), quema de agropecuarias y de pastos (30%), caza furtiva (10%) y solo un 8% por cambio de uso del suelo.

Igualmente, se señala que en la temporada 2013, se logró determinar solo el 2% del total incendios fueron causados por rayos, de tal manera que un 98% de los incendios fueron causados por acciones humanas.

Adicionalmente el SINAC ha indicado que los incendios tienen una alta frecuencia e intensidad de afectación durante los años asociados al fenómeno del Niño. Según los datos de las últimas 18 temporadas secas, un 42% del área total afectada durante estas temporadas se asocian con los 6 años Niño (SINAC-MINAE, 2015), estas temporadas son: **1998** (64 893 hectáreas), **2003** (32 782 hectáreas), **2007** (32 421 hectáreas), **2010** (18 683 hectáreas), **2013** (55 610 hectáreas) y **2014** (40 350 hectáreas)

Es claro que los incendios forestales tienen un impacto en la pérdida de cobertura forestal de Guanacaste pero el mismo no se ha analizado de forma integral. Por ejemplo, no se sabe con certeza qué pasa con las áreas de charrales o bosques secundarios después de una quema. Algunas de estas áreas vuelven a regenerarse, otras podrían convertirse a pastos o cultivos, o podrían convertirse a pastos sin ser necesariamente pastoreados.

Por otro lado, los factores que impulsan el proceso de restauración forestal, siguen asociados a factores discutidos en anteriores estudios. Desde el punto de vista pecuario, Calvo-Alvarado et al. (2009), señala que a partir de los 90's la ganadería se intensificó y mejoró sus prácticas de manejo, con una incidencia positiva en la restauración, en tanto los productores pueden continuar con la producción de carne en una menor área, dejando que la regeneración natural siga su curso en las tierras menos productivas para la agricultura o la ganadería. Estas prácticas siguen tomando lugar y han permitido la restauración de áreas de alta pendiente con suelos pocos profundos.

También en este último periodo se ha acentuado la aplicación de políticas, leyes e instrumentos de conservación, impulsados en décadas anteriores que sin duda favorecieron la recuperación de la cobertura forestal en todo el país (Garvin et al., 2015, Calvo-Alvarado et al., 2008a; Arroyo et al., 2005; Calvo-Alvarado et al. 2009).

Datos socio – económicos y ambientales.

Información independiente también explica la continua restauración de la cobertura forestal de Guanacaste. A finales de los 80's se reportaba que el 60% de la región se dedicaba a los pastos (SEPSA – CNP 1988 citado por Díaz, 1994), ya para el 2000 ese porcentaje disminuyó considerablemente a un 38% (FCGG, 2007). Esta disminución del área de pasto se ha acentuado en los últimos años dado que según el último censo agropecuario del país del 2014 (INEC, 2015b), el porcentaje actual de pastos para la provincia se estima en solo 28%, que corresponde al mismo dato que se obtuvo en el presente estudio con la interpretación de imágenes satelitales.

De acuerdo con datos del censo de población del INEC (2015a), en Guanacaste, para el año 2000 la fuerza laboral se concentraba en las siguientes ramas: a) agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con un 25,7%; b) comercio con un 13% y c) industrias manufactureras con un 10%. Por su parte, en el año 2011 (INEC, 2015a) se reporta la concentración de la fuerza laboral en: a) agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con un 17.8%; b) comercio con 16.1% y c) alojamiento y servicios de comida 11,1%. Es claro que existe un cambio sustancial en la ocupación de la fuerza laboral en la provincia, siendo el turismo un aparente impulsor de la economía en la zona.

Según datos de la Dirección General de Migración y Extranjería (DGME, s.f.a y s.f.b) en el 2005 ingresaron al país 158 366 personas a través del aeropuerto Daniel Oduber ubicado en Liberia, Guanacaste, esta cifra representaba un 6% de los

ingresos reportados para ese año. Ocho años después, en el 2013, el ingreso por ese aeropuerto se duplicó a 333 472 personas representando el 26% del total para todo el país. Si se compara los datos de visitas a las áreas protegidas en ambos años se observa un crecimiento importante de 92 987 a 149 656 personas (SINAC s.f.a; s.f.b). Calvo-Alvarado et al. (2008a; 2009) reportaban al sector turismo como una de las nuevas actividades que ha reconfigurado el paisaje natural y la economía de la región.

Dos proyectos importantes que han impulsado el turismo de Guanacaste son la construcción del puente de La Amistad sobre el río Tempisque en el 2003 y la carretera San José – Caldera en el 2010. Estas dos infraestructuras han tenido un impacto directo en la dinámica socio-económica de la provincia y por tanto en los procesos de restauración de la cobertura forestal y el crecimiento del sector turístico. Según Calvo-Alvarado et al. (2008a), la red de carreteras tiene, por lo general, un impacto negativo en la cobertura forestal en el tanto facilitan la colonización de nuevos territorios. No obstante ese impacto no se ha concretado en estos casos, dado que las actividades agropecuarias ya no son el motor de la economía de Guanacaste.

Otros datos demuestran el crecimiento del sector terciario en la provincia según Quesada et al. (2013), quienes indican que el 56% de las PYMES de la región Chorotega corresponden a servicios, seguido por un 36% al comercio, 5% industria y 3% a las tecnologías de la información en el 2012. La región Chorotega y Pacífico Central son las dos regiones que concentran la mayor distribución de las PYMES en el sector Servicios en el país.

Por otra parte, en el año 2000 se reporta una población de 264 238 personas en Guanacaste, esa cantidad aumentó a 326 953 para el 2011 (INEC, 2015a). En el

2000 la fuerza laboral para la provincia lo constituía el 27% de la población, para el 2011 esa cifra aumentó a 34% (INEC, 2015a). La explosión demográfica sin duda tiene un impacto importante en la presión sobre los recursos naturales, y en la provincia los conflictos por el uso del agua constituye quizá el tema más crítico según Guzmán & Calvo-Alvarado (2012). Este crecimiento de población se concentra en centros urbanos donde se observa una reducción de cobertura forestal por la expansión de la infraestructura. En el 2000 el porcentaje de viviendas urbanas era de 50%, para el 2011 ese porcentaje ascendió a 53% (INEC, 2015a). En cuanto a las características de vivienda se resalta que para el 2000 el 28% de las casas utilizaba leña o carbón para cocinar, ese valor disminuyó significativamente para el 2011 llegando a 17% (INEC, 2015a). Este dato es importante porque de acuerdo con Sabogal (1992 citado por Griscom y Ashton, 2011), la cobertura forestal alrededor de las viviendas se ve afectada por el uso de leña. Sin embargo, se debe tomar en consideración lo expuesto por Villanueva et al. (2003 citado por Chazdon et al., 2011) en el sentido que algunos productores pueden decidir dejar árboles remanentes en los potreros para luego obtener leña de ellos.

Una de las acciones de conservación que impulsa la conservación de los bosques y su restauración es el Pago por Servicios Ambientales (PSA). Para la provincia este programa cuenta con 55 464 ha vigentes al 2015 bajo alguna de sus modalidades (FONAFIFO s.f. ver cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución de las áreas bajo el programa de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en Guanacaste.

Área de Conservación ¹	Cantones	Ha	Árboles
Guanacaste	La Cruz	4 097.4	0
	Liberia	5 673.9	0
Nicoya	Carrillo	2 171.8	1 035
	Hojancha	2 901.0	9 144
	Nandayure	6 248.9	8 937
	Nicoya	10 360.8	25 380
	Santa Cruz	9 048.2	34 600
	Abangares	2 958.4	26 000
Arenal –Tempisque	Bagaces	5 732.3	0
	Cañas	4 865.0	0
	Tilarán	1 406.2	31 500
	Total	55 463.9	136 596

El PSA de protección de bosques concentra la mayor parte del área con poco más de 31 mil ha, seguido por la reforestación con más de 9 mil ha y más de 5 mil ha de regeneración en potreros (FONAFIFO, s.f.). No menos importante, en la provincia se concentra un total de 136 596 árboles bajo PSA, siendo los sistemas agroforestales los que concentran la mayor cantidad con más de 131 mil árboles (FONAFIFO, s.f.). Los cantones que tienen mayor cantidad de hectáreas bajo PSA son Nicoya, Santa Cruz y Nandayure de forma descendente, estos tres representan el 46% del total de hectáreas bajo PSA del área de estudio (FONAFIFO, s.f.). Por su parte, la cantidad de árboles se distribuye entre los cantones de Santa Cruz, Tilarán y Abangares de forma descendente, éstos concentran el 67% de los árboles reportados (FONAFIFO, s.f.). No se cuenta con información del PSA en años anteriores pero según Calvo-

¹ Se contempló únicamente la superficie de las áreas de conservación que se encuentran en la provincia de Guanacaste.

Alvarado et al. (2009) el PSA es solo un factor que explica la recuperación de la cobertura forestal en Guanacaste.

Finalmente, un factor que parece mantenerse invariable es la cobertura forestal debido a la presencia de plantaciones forestales. Según la información de cobertura forestal del 2005 (EOSL et al., 2006) las plantaciones forestales sumaban 28 146 ha en Guanacaste, mientras que en el 2014 había poco más de 26 mil ha (INEC, 2015b). Aunado a esto, según la información de ambos censos poblacionales, el sector forestal apenas acapara una fuerza laboral de 2% en la provincia (INEC, 2015a). Además, los datos de exportaciones reflejan que los productos de madera no superan el 8% del total de los productos exportados en la región para el periodo de análisis (Arce et al., 2008; 2009; Chaves et al., 2010; Barahona et al., 2011; Calderón et al., 2012; Arguedas et al., 2014). Si bien las plantaciones forestales no parecen representar un factor determinante que configura el paisaje en la provincia, se puede concluir que el manejo de plantaciones sin duda favorece la protección de los recursos naturales. Además de las 26 mil ha de plantaciones forestales, no se descarta, a futuro, pensar en el manejo forestal de bosques secundarios en la provincia. Al menos se estima un área mayor a 430 mil ha fuera de áreas de conservación, de las cuales solo un 12% cuenta con PSA. Un manejo sostenido de estos bosques secundarios puede aportar recursos a los propietarios que actualmente no cuentan con PSA, de tal manera que puedan invertir en acciones para evitar el impacto de los incendios forestales y obtener otros ingresos para mejorar sus fincas o el bienestar común de las familias.

CONCLUSIONES

La cobertura forestal de la provincia aumentó de 51% en el 2005 a 59,8% en el 2015, lo cual representa una tasa anual de recuperación de 0.9%. Se registra una tasa de pérdida de cobertura forestal neta de -9 145 ha/año, para un total de 63 6350 ha deforestadas (0.6% /año) y 155 102 ha recuperadas (1.5% ha/año). Estos datos son reveladores dado que a nivel internacional son pocos los sitios que reportan indicadores de restauración de bosques tan notables como Guanacaste.

Los factores que promueven la recuperación de la cobertura forestal son varios, dentro de los más importantes se puede destacar la disminución de la actividad ganadera, la conversión de la economía guanacasteca hacia el sector terciario, con una fuerte participación del turismo, y la disminución en la presión de los bosques por el uso de madera y leña. Es importante señalar que si bien el turismo parece tener un impacto positivo en la recuperación de la cobertura forestal, no implica que éste no ejerza una presión negativa sobre otros recursos naturales, tal es el caso de los recursos hídricos de la cuenca del Río Tempisque. Otro factor que favorece la recuperación y la disminución de la deforestación es el pago de servicios ambientales que promueve la conservación de 31 217 ha de conservación de bosques en toda la provincia (3%), así como la conservación y restauración de bosques que sucede en las áreas sin cobertura forestal dentro de áreas de conservación de la provincia.

De acuerdo con los datos del presente estudio, se estima que hay poco más de 430 mil hectáreas de bosques con potencial para el manejo forestal en la provincia en tierras privadas. El potencial de manejo silvicultural de estos bosques no se ha analizado y podría representar una fuente de ingresos a los propietarios que los motive a su conservación. De momento solo una pequeña parte (12%, 55 464 has) de estas áreas de bosque están bajo conservación por PSA, por lo que en su

mayoría, los propietarios de estos bosques no tienen ningún incentivo de conservación.

Por su parte, se encontró que la pérdida de más de 63 mil ha de cobertura forestal en el periodo 2005 – 2015 se debió a la conversión hacia pastos (84%) y cultivos agrícolas (12%). Sin embargo, las causas de esta pérdida no se deben a la tala de bosques, sino a los cambios provocados por los constantes incendios forestales. Es conocido, que las áreas afectadas por incendios forestales tienen promedios anuales mayores a 40,000 has/año y que se asocian a varias causas que deben estudiarse con mejor detalle, para poder recomendar medidas que disminuyan este impacto. También se advierte que los incendios forestales son mayores durante los años del Niño.

Finalmente, este estudio logró identificar la siguiente distribución del uso de la tierra según la clasificación de las imágenes satelitales Landsat 8 para el año 2015: uso forestal 59.8% (606 305 ha), pastos 27.6% (279 738 ha), agrícola 5.5% (55 502 ha), suelo desnudo 4.1% (41 514 ha), otros usos 1.4% (14 324 ha), nubes y sombras de nubes 0.8% (8 612 ha), infraestructura urbana 0.4% (3 682 ha), agua 0.4% (4 566 ha). Estos datos demuestran que el paisaje de la provincia se ha transformado significativamente desde los años 70, donde la provincia era predominantemente de vocación ganadera y hoy día es una región con una matriz de uso de la tierra dominado por el componente forestal. Todo lo anterior conlleva a grandes beneficios para la sociedad por los servicios ecosistémicos y la diversificación de la economía.

RECOMENDACIONES

Es necesario comprender mejor la dinámica de los incendios forestales en los procesos de pérdida de cobertura forestal en la provincia. Estos eventos suceden a diferente intensidad dependiendo del grado de la estación seca, la topografía, tipo de bosque, entre otros. Algunos parches quemados se recuperan otros del todo son eliminados y pasan a cobertura de pasto en su mayoría. Un estudio de esta naturaleza permitiría conocer mejor los factores que causan estos incendios para definir prácticas de manejo y conservación que eviten y controlen los incendios forestales.

La tendencia de los procesos de pérdida y recuperación probablemente se van a estabilizar en la próxima década, dado que las tierras de vocación forestal prácticamente ya están todas cubiertas de bosques y las tierras de vocación agrícola han sido plenamente desarrolladas. Sería importante, por tanto, realizar otro estudio semejante a éste en el año 2020 para evaluar los cambios y la estabilidad del cambio de cobertura en el paisaje.

Es importante comprender mejor la fragmentación y tipos de la cobertura en tipos de bosques (Maduros, Intermedios y Tempranos), para así precisar la dinámica de transformación del paisaje y su impacto en los servicios ambientales. Un próximo estudio debe emplear las bases de datos generadas y compararla con capas de años anteriores. Este análisis podría generar criterios a las instituciones tomadoras de decisión para que fomenten estrategias y concentren sus esfuerzos en aras de promover una mayor conectividad y oferta de servicios ambientales. Un estudio de este tipo podría realizarse con la información generada en esta oportunidad y las bases de datos disponibles para otros años.

En alianza con el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal se podría plantear un estudio para valorar, en términos económicos y ambientales, el impacto del programa de Pago por Servicios Ambientales en las fincas que se han sometido bajo alguna categoría del mismo en años anteriores. De esta manera se puede utilizar la información generada en el presente estudio como base para comprender la dinámica de cambio de cobertura en algunas zonas de Guanacaste.

En las áreas donde se haya detectado una mayor explosión de la demografía, el turismo e infraestructura se podría plantear realizar un análisis de cambio de cobertura a una escala menor, utilizando imágenes satelitales o fotografías aéreas de mayor resolución en una serie de tiempo, para así comprender la forma en que cambia el paisaje en función del uso del suelo y las actividades económicas más importantes.

Reconocimientos:

Este estudio se realizó dentro del marco del Proyecto Tropi Dry, financiado por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN3 025 con aportes de US National Science Foundation (Grant GEO-1128040) y de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Tecnológico de Costa Rica. Además se reconoce el apoyo del Área de Conservación Guanacaste.

REFERENCIAS

- Arce, R., Chacón, E., Chaves, G., & Tristán, A. (2008). Análisis de estadísticas de exportación: Costa Rica. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- Arce, R., Chacón, E., Chavez, G. & Tristán, A. (2009). Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- Arguedas, I., Calderón, J.C., Céspedes, E., Chacón, M., López, K., Medaglia, C., Mora, E., & Vargas, F. (2014). Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2013. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- 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, 27 – 39.
- Barahona, L., Calderón, J.C., López, K., Tristán, A., & Vargas, J.M. (2011). Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2010. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- Bolaños, R., & Watson, V. (1993). Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. En [Atlas Digital de Costa Rica 2014].
- Calderón, J.C., Chacón, M., López, K., Medaglia, C., Vargas, F., Vargas, J.M., & Vargas, L.C. (2012). Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2012. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- Calvo, J. (1990). The Costa Rican national conservation strategy for sustainable development: exploring the possibilities. *Environmental Conservation* 17, 355-358.
- Calvo-Alvarado, J. (2009). Bosque, cobertura y recursos forestales 2008. Informe Estado de la Nación. Capítulo Armonía con la Naturaleza. XV Informe Estado de la Nación. San José, Costa Rica 26 p.
- Calvo-Alvarado, J.C., Sánchez-Azofeifa G.A., & Kalacska, M. (2008a). Deforestation and restoration of a tropical dry forest in the Chorotega region, Costa Rica. En H. Tiessen, & J. Stewart (Eds.), *Applying ecological knowledge to land use decision* (pp. 123 – 133).
- Calvo-Alvarado, J., Jiménez, J., González, E., Pizarro, F. & Jiménez, A. (2008b). Estimación preliminar del caudal ambiental en el río Tempisque, Costa Rica: El enfoque hidrológico con pocos datos. En *Kurú: Revista Forestal*, 5,13.

- Calvo-Alvarado, J., McLennan, B.J., Garvin, T., & Sanchez-Azofeifa, A.G. (2009). Putting conservation policies in context: The social dynamics of forest regrowth in Guanacaste, Costa Rica. En *Forest Ecology and Management*, 258, 931-940
- Calvo-Alvarado, J., Sánchez-Azofeifa, A., & Portillo-Quintero, C. (2013). Neotropical Seasonally Dry Forests. En *Encyclopedia of Biodiversity* (Second Edition). Ed. S. Levin. Academic Press. Pp 488-500.
- Castillo, A; Quesada,M; Rodriguez, F; Anaya,F; Galicia, C; Monge,F; Barbosa,R; Zhouri, A; Calvo-Alvarado, J & Sánchez-Azofeifa, A. (2013). Chapter 21: Tropical dry forests in Latin America: analyzing history of land use and present socio-ecological struggles. En: Sanchez-Azofeifa, G.A. and Powers J. (Eds.). *Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management*. CRC Press. Pp: 375-394
- Castillo-Nuñez, M., Rivard, B., Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., & Dubayah, R. (2012). LIDAR remote sensing for secondary Tropical Dry Forest identification. *Remote Sensing of Environment*, 121, 132–143
- Ceballos G., Vale M., Bonacic C., Calvo-Alvarado J., Rurik. L., Bynum N., Medellín R., Simonetti J., & Rodríguez, J. (2009). Conservation Challenges for the Austral and Neotropical America Section. *Conservation Biology*. 23 (4) 811-817.
- CIENTEC (Centro Nacional de la Ciencia y la Tecnología). (2007). Costa Rica y sus provincias. Costa Rica. Recuperado de: <http://cientec.or.cr>
- Chaves, G.; Cerdas, V; López, K; Tristán, A. & Vargas, LC. (2010). Estadísticas de Comercio Exterior 2009 de Costa Rica. PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica). Recuperado de: <http://procomer.com>
- Chazdon, R.L., Harvey, C.A., Martínez-Ramos, M., Balvanera, P., Stoner, K.E., Schondube, K.E., Avila-Cabadilla, L.D., & Flores-Hidalgo, M. (2011). Seasonally dry forest biodiversity and conservation value in agricultural landscapes of Mesoamerica. En R. Dirzo, H. A. Mooney, G. Ceballos, & H. Young (Eds.). *Ecology and Conservation of Neotropical Dry Forests*. (pp. 195-219).
- Clements, G., Landa, M., Neteler, M., Bowman, MH., & The Open Source Geospatial Foundation. (2015). GRASS. [en línea]. Versión 7.0.0. Programa computacional. [fecha de consulta 15 marzo 2015]. Disponible desde: <https://grass.osgeo.org/download/>
- Congedo, L. (c2015). Semi automatic classification plugin. [en línea]. Versión 4.3.2. Roma. Programa computacional. [fecha de consulta 20 abril 2015]. Disponible desde: <https://plugins.qgis.org/plugins/SemiAutomaticClassificationPlugin/>
- Cordero-Montoya, R, Acevedo, H., & Calvo-Alvarado, J. (2008). Cambio de la cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque, periodo 1998-2003. En *Kurú: Revista Forestal* 5,15.
- DGME (Dirección General de Migración y Extranjería). (S.f.a). Movimientos puesto 2000 - 2006. Recuperado de: <http://migracion.go.cr>

- DGME (Dirección General de Migración y Extranjería). (S.f.b). Movimientos migratorios por nacionalidad y puesto 2013. Recuperado de: <http://migracion.go.cr>
- Díaz Sánchez, O. (1994). Ganadería bovina de carne. En Cortés Enríquez, G (Ed). *Atlas Agropecuario de Costa Rica*. (pp. 447 – 458).
- EOSL (Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre, Universidad de Alberta), ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica), FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). (2006). Mapa de cobertura de la tierra 2005. En [Atlas Digital de Costa Rica 2014].
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). (2013). Arc Map. Versión 10.2.
- FCGG (Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste). (2007). Plan estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la región Chorotega. Ministerio de Agricultura y Ganadería: Región Chorotega. Recuperado de: <http://infoagro.go.cr>
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). (S.f.) Totales de contratos vigentes, hectáreas y árboles sometidos al Programa de Pago por Servicios Ambientales. Recuperado de: <http://fonafifo.go.cr>
- Garvin, T., McLennan, B., Calvo-Alvarado, J., & Sánchez-Azofeifa, A. (2015). Growing together: Transnational policy networks and environmental policy change in Costa Rica. *International Journal of Society Systems Science*. 7(1), 1-22
- Griscom, H.P., & Ashton, M.S. (2011). Restoration of dry tropical forests in Central America: A review pattern and process. En *Forest Ecology and Management*, 261, 1564 – 1579.
- Google Earth. (2015). Google Earth Imagery. [en línea]. Programa computacional. [fecha de consulta setiembre 2015]. Disponible desde: <https://www.google.es/intl/es/earth/>
- Guzmán, I., & Calvo-Alvarado, J. (2012) Water Resources of the Upper Tempisque River Watershed, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 25, 4, 63-70.
- Guzmán, I., & Calvo-Alvarado, J. (2013). Planning and development of Costa Rica water resources: Current status and perspectives. *Tecnología en Marcha* 26,4, 52–63
- Hexagon Geospatial. (2008). Erdas Imagine. Versión 9.2. Programa computacional.
- Hijmans, R. (2015). Global Administrative Areas: Boundaries without limits. Recuperado de: <http://www.gadm.org>
- Holdridge, L. 1967. Life Zone Ecology. San José: Tropical Science Center. 206 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2015a). Sistema de consultas: Censo de población y vivienda 2000 y 2011. Recuperado de: <http://inec.go.cr>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2015b). VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. Recuperado de: <http://inec.go.cr>

- Jiménez, J., Calvo-Alvarado, J., Pizarro, F., & González, E. (2005). Conceptualización de Caudal Ambiental en Costa Rica: Determinación Inicial para el río Tempisque. Organización para Estudios Tropicales- UICN. Área temática de Humedales, Agua y Zonas Costeras. 40 p.
- Lobo-Valverde S. (2005) Situación y problemática de los incendios forestales. Costa Rica. Programa de Manejo del Fuego-Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC)- Ministerio del Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 15 p.
- Moline, A. (1999). Tropical dry forest restoration in the Guanacaste Conservation Area, Costa Rica. En *Restoration and Reclamation Review*. Recuperado de: <https://conservancy.umn.edu/>
- Ortiz, E. (2010). Elaboración de TDR para elaboración de un escenario de referencia de las emisiones causadas por la deforestación y degradación forestal y TDR para diseño e implementación de un sistema de monitoreo, información y verificación para REDD. Recuperado de: <http://www.bankinformationcenter.org>
- Ortiz, E., Méndez, A., Villavicencio, D., Solano, M. & Ortega, N. (2013). Tipos de Bosque 2012. En [Atlas Digital de Costa Rica 2014].
- Portillo-Quintero, C., Sánchez-Azofeifa, A., Quesada, M. & Marcos do Espiritio Santo, M. (2015). The role of tropical dry forests for biodiversity, carbón and wáter conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*. 15, 6, 1039 - 1049
- Quantum Gis Development Team. (2015). Quantum Gis Pisa. [en línea]. Versión 2.10. Programa computacional. [fecha de consulta 01 junio 2015]. Disponible desde: <http://qgis.org>
- Quesada, G., Quesada, O., Jara, E., & Arias, A. (2013). Estado de situación de las PYMES en Costa Rica: Primer informe del Sistema de Indicadores PYME. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Gobierno de Costa Rica. Recuperado de: <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2013/pyme/indicadores/informe.pdf>
- Quesada, C., Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J. (1998). Estudio de cambios de Cobertura Forestal de Costa 1987-1997. Centro Científico Tropical, Universidad de Costa Rica, Conservation International. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). 50 pp.
- Roseri-Bixby, L., & Palloni, A. (1998). Population and deforestation in Costa Rica. En *Population and Environment: A journal of interdisciplinary studies*, 20,2, 149 – 185.
- Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Foley, S., Arroyo, P., Hamilton, S., & Jiménez, V. (2002). Estudio de cambios de Cobertura Forestal de Costa Rica 1997-2000. Alberta University, Edmonton y Centro Científico Tropical. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). San José, Costa Rica. 12 pp.

Sánchez-Azofeifa, A., Kalacska, M., Quesada, M., Calvo-Alvarado, J. & Nassar, J. (2005a). Rodríguez. Need for Integrated Research for a Sustainable Future in Tropical Dry Forests. *Conservation Biology*, 19, 2, 1–2.

Sánchez-Azofeifa, A., Quesada, M., Rodríguez, P., Nassar, J., Stoner, K., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E., Calvo-Alvarado, J., Kalacska, M., Fajardo, L., Gamon, J., & Cuevas-Reyes, P. (2005b). Research Priorities for Neotropical Dry Forests. *BIOTROPICA*, 37, 4, 477–485

Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Chong, M., Castillo, M., & Jiménez, W. (2006). Estudio de cambios de Cobertura Forestal de Costa Rica 2000-2005. I. Parte: Clasificación de la Cobertura Forestal con Imágenes Landsat ETM+ 2005. Alberta University e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). San José, Costa Rica. 37 pp.

Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Espiritu-Santo, M., Fernandes, G., Power, J., & Quesada, M. (2013). Chapter 1. Tropical Dry Forest in the Americas: The Tropi-dry endeavour. En: Sanchez-Azofeifa, G.A., & Powers J. (Eds.). *Tropical Dry Forests in the Americas: Ecology, Conservation and Management*. (pp: 1-16)

SINAC-MINAE (2015). Costa Rica Registro Mayor Afectación Por Incendios Forestales Durante la Temporada 2015. Comunicado de Prensa ,21 Setiembre, 2015. San José, Costa Rica. 5 p.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (S.f.a). Visita de residentes y no residentes a las áreas silvestres protegidas: 2002 – 2009. Recuperado de: <http://ict.go.cr>

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (S.f.b). Visita de residentes y no residentes a las áreas silvestres protegidas: 2010 – 2013. Recuperado de: <http://ict.go.cr>

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2009). Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. En [Atlas Digital de Costa Rica 2014].

USGS (United States Geological Survey). (2015). Earth explorer. Recuperado de: <http://earthexplorer.usgs.gov>