



# INFORME FINAL ESTUDIO USO DEL SUELO

---

“EVALUACIÓN DE USO DEL SUELO, LA  
GOBERNANZA, LA POLITICA Y EL MARCO  
LEGAL PARA LA REDUCCION DE EMISIONES  
DE DEFORESTACION Y DEGRADACION DEL  
BOSQUE EN COSTA RICA”

---

**TABLA DE CONTENIDO**

---

1.	Antecedentes .....	3
1.1	Objetivo de la Consultoria .....	4
1.2	Productos Esperados:.....	4
2.	Producto 1: Uso adecuado y Sobreuso del suelo en Costa Rica .....	6
2.1	Organización de la Información .....	6
2.3	Identificación de áreas de conflicto de uso del suelo .....	9
2.3	Proceso metodológico para la determinación de áreas de conflicto de uso .....	9
2.4	Resultados estudio de conflictos de uso .....	9
3.	Estudio de uso del suelo.....	13
3.1	Proceso metodológico estudio uso del suelo. ....	13
3.2	Resultados estudio uso del suelo .....	16
4.	Análisis de conductores de deforestación:.....	21
4.1	Relación de la renta de la tierra y la deforestación en Costa Rica .....	24
4.2	La inclusión de los PSA como una variable independiente.....	26
5.	Conclusiones Generales.....	28
	Bibliografía.....	1
	ANEXO 1.....	2
	Anexo 3. Parámetros de la capacidad de uso según CCT-Fundación Neotropica.....	5
	Anexo 4: Matrices de Cambio de uso del suelo .....	1
	Anexo 5: Resultados del analisis de regreción multiple deforetación, renta de la tierra y psa. .	1

# Informe de Avance Estudio Uso del Suelo

“EVALUACIÓN DE USO DEL SUELO, LA GOBERNANZA, LA POLITICA Y EL MARCO LEGAL PARA LA REDUCCION DE EMISIONES DE DEFORESTACION Y DEGRADACION DEL BOSQUE EN COSTA RICA”

---

## 1. ANTECEDENTES

---

El Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques colaborará con los países en desarrollo en sus esfuerzos por reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, el aumento en los stocks de carbono, la conservación y el manejo sostenible de los bosques (REDD+) reconociendo el valor bosques en pie.

Los países en desarrollo y los industrializados solicitaron al Banco Mundial que formulara un marco para realizar proyectos piloto con miras a reducir las emisiones de dióxido de carbono derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques. Los pagos por concepto de carbono no emitido o secuestrado, por ejemplo, pueden constituir un incentivo para impulsar el uso más sostenible de los recursos forestales e introducir mejoras en la ordenación de los bosques, pues generan un flujo de ingresos sostenible.

En respuesta a ese pedido, en el de 2006, el Banco Mundial emprendió una serie de consultas sobre una propuesta de iniciativa, en las que participaron varios países y organizaciones, entre ellas organismos no gubernamentales (ONG) en la esfera del medio ambiente. Estas consultas han puesto de relieve la importancia de crear el fondo para financiar la iniciativa, en asociación con un amplio espectro de actores, pues este enfoque permite lograr un equilibrio entre los intereses de los potenciales donantes y compradores, receptores y vendedores y otras partes interesadas.

El debate cobró impulso en junio de 2007, en ocasión de la cumbre del Grupo de los Ocho (G-8)<sup>1</sup> que tuvo lugar en Heiligendamm (Alemania). Como parte de los preparativos para la cumbre, el G-8 puso en marcha un diálogo de alto nivel con países en desarrollo, que giró en torno a la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación en zonas tropicales. En su declaración, la cumbre respaldó la propuesta del Banco Mundial de crear una alianza mundial para reducir las emisiones de carbono mediante la protección de los bosques: “[se insta al] Banco Mundial, en estrecha cooperación con el G-8, los países en desarrollo, el sector privado, las ONG y otros asociados, a forjar y crear, a la brevedad posible, la mencionada alianza para reducir las emisiones de carbono mediante la protección de los bosques”. Hasta diciembre de 2007, más de 25 países o Estados de América Latina, África y la región de Asia y el Pacífico han solicitado la oportunidad de participar en el FCPF, y alrededor de una docena de Países industrializados y entidades del sector privado manifestaron interés en contribuir financieramente al Fondo.

---

<sup>1</sup> Conformado por Alemania, Rusia, Reino Unido, Estados Unidos, Francia, Canadá, Italia y Japón.

El FCPF se puso en marcha en la decimotercera sesión de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que tuvo lugar en Bali.

El FCPF fortalecerá la capacidad de los países en desarrollo en regiones tropicales y subtropicales para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques y para aprovechar cualquier sistema futuro de incentivos para REDD. En algunos de estos países, el FCPF también ayudará a reducir la tasa de deforestación y de degradación de los bosques proporcionando un incentivo por tonelada de emisiones de dióxido de carbono reducida a través de programas específicos de reducción de emisiones focalizados en los factores que propician la deforestación y la degradación de los bosques.

Es importante tener en cuenta que en Costa Rica el programa de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) vigente desde 1997 ha sido reconocido como uno de los sistemas de mayor éxito en el mundo como mecanismo para detener y hasta revertir la degradación ambiental derivada de la deforestación de los bosques tropicales. La combinación de la aplicación del Programa de PSA, y los anteriores programas de reforestación y una serie de medidas como la prohibición del cambio de uso del suelo, permitieron al país pasar de una tasa de deforestación de 60 000 ha/año en las décadas de los 70's y 80's, a ser un país con un incremento neto de cobertura boscosa. El programa de PSA ha incorporado hasta la fecha 460 000 ha de las cuales el 86.4 % son de bosques para protección, 5.8 % de plantaciones forestales comerciales, y 7.4 % de bosques bajo manejo forestal controlado.

Por todo lo anterior Costa Rica aplico al FCPF y fue seleccionado para realizar el Readiness Plan ("R" plan), o el plan de preparación para la Reducción de emisiones de Deforestación y Degradación Forestal. Esta consultoría forma parte de este "R" plan cuyo objetivo es Ayudar al país a presentar y organizar los pasos requeridos para alcanzar el estado de "Readiness" ("estar listo") para iniciar o continuar actividades que reduzcan emisiones causadas por la deforestación y degradación forestal (REDD) en el contexto del país.

#### **1.1 OBJETIVO DE LA CONSULTORIA**

Realizar una evaluación del uso del suelo, de la gobernanza, de la política y el marco legal para la reducción de emisiones de carbono producto de la deforestación y la degradación forestal, identificando las causas de deforestación y degradación de los bosques.

#### **1.2 PRODUCTOS ESPERADOS:**

De la presente consultoría se esperan los siguientes productos:

1. Mapa de Costa Rica actualizado de uso del suelo y capacidad de uso, clasificando el uso adecuado y el sobreuso del suelo.
2. Un informe de avance del estudio de uso del suelo en Costa Rica.
3. Un informe final que no exceda 15 páginas e integre el estudio de uso del suelo, la política forestal y la gobernanza, incluyendo un análisis de los conductores de la deforestación y degradación del bosque.

4. Resumen del estudio en idioma inglés y español con una extensión mínima de tres páginas y una máxima de seis páginas.

En el presente Informe de avance se entregan los productos 1 y 2, los cuales se detallan a continuación:

---

## 2. PRODUCTO 1: USO ADECUADO Y SOBREUSO DEL SUELO EN COSTA RICA

---

La determinación de los conflictos de uso en Costa Rica requirió de la identificación de una fuente geográfica oficial y reciente de la capacidad y del uso actual del suelo. Para tal efecto se llevo a cabo una revisión exhaustiva de diferentes evaluaciones de capacidad y uso del suelo que se han realizado en Costa Rica por diferentes instituciones académicas, de gobierno y no gubernamentales.

En el Anexo 1 se detallan las instituciones consultadas, si hubo colaboración, contacto, razón de la denegatoria de colaboración o en su defecto la capa temática aportada. Se contactaron un total de 27 instituciones, que se determinaron que a nivel nacional podían aportar datos de uso de la tierra. De estas se contó con la colaboración de 14 instituciones. Para la elaboración del presente informe de avance todavía estaba pendiente en algunas instituciones la entrega de información o bien la respuesta la solicitud de cooperación. También se recolecto información de los portales oficiales institucionales en Internet.

La mayoría de las instituciones que no aportaron información geográfica fue por que no contaban con la misma, sin embargo el ICE es la única institución que se negó a colaborar por restricciones establecidas en normativas internas.

Con la información geográfica recolectada se generó una geo-base de datos compuesta por una imagen en formato “raster” y 26 capas digitales en formato vectorial (“shape file”). La imagen proviene de escanear un mapa que facilito el IGN de una cobertura de suelo de la Zona Norte del país del año 2002.

### 2.1 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACION

Dentro de la información brindada se observan tanto capas de cobertura para todo el país como capas de uso regionales, siendo esta ultima a nivel de cuencas, cantones, áreas de conservación, etc. Para organizar la información espacial en forma digital, de manera que se pueda analizar mediante los sistemas de información geográfica, se procedió a elaborar dos geo-bases de datos que ubica la información de la siguiente manera: 1. A nivel nacional y 2. A nivel regional

En ambas se trabaja con la proyección “Transversal Mercator para Costa Rica” del 2005 (CRTM05) ya que es la oficial a nivel nacional tomando como base el artículo 2 del Decreto N 33797-MJ-MOPT publicado en el diario oficial La Gaceta N 108 del miércoles 6 de junio del 2007.

En las tablas 1 y 2 se detallan las geo-bases a nivel nacional y regional respectivamente. Es importante resaltar que en el año de 1997 se crearon varias capas de cobertura a nivel nacional. Dentro de la subdivisión llamada “Proyectos” se ubican las capas provenientes de prácticas de especialidad o proyectos específicos de investigación. Asimismo, se resalta que a nivel regional se observa una secuencia historia en la información de las áreas de conservación, específicamente para la cordillera volcánica central, que podría eventualmente utilizarse para análisis históricos de dinámica de cambio de uso.

Cada capa de información proviene de fuentes distintas, generada de manera diferente, por lo que fue necesario construir un metadata para así hacer un uso correcto de las capas. En el mismo se especifica el autor, la descripción de las variables literales asociadas, la descripción de los usos, entre otros datos (ver tabla 3). En el Anexo 2 se presenta el metadata para cada una de las capas obtenidas.

*Tabla 1: Mapas digitales de uso del suelo a nivel nacional, de Costa Rica, para diferentes periodos.*

Periodos	Capas
1960-1980	CCT 1960, IMN 1980
1981-1990	CCT 1984, IMN 1990
1991-2000	MAG 1992; CCT 1997; SINAC 1997; FONAFIFO 1997; IMN 2000; FONAFIFO 2000
2001-2006	FONAFIFO 2005; INBIO 2006

*Tabla 2: Mapas digitales de uso del suelo de Costa Rica para diferentes regiones y años.*

Subdivisiones	Capas
Gran Área Metropolitana	Proodus_2005; IFA's_2006
Cuencas	Aranjuez_2008; Balsa, 2008, Virilla 2008; Tempisque_2001
Áreas Conservación	ACCVC_1986; ACCVC_1992; ACCVC_1996; ACCVC_2000; ACCVC_2005; ACCVC_Master2005; ACLA_2005; ACTO_2005
Áreas Silvestres Protegidas	RNVS_Maquenque_2005
Cantones	Poas 2007; Siquirres 2007; Sarapiquí 1996
Cultivos	Café
Proyectos	Osa_1992; Osa_1996; Osa_2005; Tempisque_1992; Tempisque_1997; Tempisque_2005; LaSelva_2002; ZonaNorte_2002

*Tabla 3 Descripción de variables que componen el metadata de la geo-base de datos de capacidad y uso del suelo de Costa Rica.*

Capa	Nombre de la capa en la geobase de datos
Imagen	Se observa la imagen de la información aportada por las distintas instituciones
Ubicación	Localización de la capa en la geobase de datos
Institución	Institución que comparte los datos
Tema	Nombre completa de la capa
Descripción	Describe la capa y datos asociados a la misma
Fuente Datos	Origen de la capa
Creado por	Persona física o jurídica que generó la capa
Fecha creación	Mes y/o año en que se creo la capa

---

Proyección	Coordenadas geográficas asociadas a la capa
Modificaciones	Cambios que se le ha realizado a la capa original obtenida
Actualizaciones	Modificaciones actuales que se esta realizando en relación a la capa
Observaciones	Información adicional útil relacionada con la capa
Tipo	Geometría de la capa
Contacto	Nombre, departamento, institución, correo electrónico y teléfono de la persona que compartió la capa
Columnas	Nombre y descripción de las columnas que componen la capa
Filas	Numero de filas que componen la capa
Usos	Nombre y descripción de los usos que se localizan en la capa

---



### 2.3 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE CONFLICTO DE USO DEL SUELO

Se elaboró un mapa producto de la sobre posición del uso del suelo y su capacidad de uso, con el fin de identificar aquellas áreas en las que el uso concuerda con la capacidad y las que se encuentran en conflicto.

### 2.3 PROCESO METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACION DE AREAS DE CONFLICTO DE USO

Se utiliza para esta tarea el mapa de Cobertura del año 2005 brindada por FONAFIFO, dado que proviene de un ente oficial y además de ser el mapa de uso del suelo más recientemente elaborado con cobertura nacional; y el mapa de Capacidad de uso de la tierra elaborado por el Centro Científico Tropical y la Fundación Neotrópica en el año de 1995. En el Anexo 3 se describen los parámetros que definen la capacidad de uso.

Mediante álgebra de mapas se establece la concordancia o conflicto de uso para las Tierras Forestales y No Forestales:

- a. **Uso No Forestal:** dentro de esta categoría se encuentran aquellas áreas de usos agropecuario, no forestal, urbano, áreas quemadas y deforestación. Para que esta categoría de cobertura se encuentre en concordancia con su capacidad, los suelos deben ser capacidad de uso "A".
- b. **Uso Forestal y Plantaciones Permanentes:** esta categoría contempla los usos bosque de palmas, café, bosque secundario, manglar, páramo, y plantación forestal. Para que dichos usos se encuentren en concordancia con su capacidad se deben localizar en suelos cuya capacidad de uso sea "Área protegida", "VF", "VI", "VII", "VIII".

### 2.4 RESULTADOS ESTUDIO DE CONFLICTOS DE USO

Las áreas concordantes suman en total 33,973 km<sup>2</sup> (67 % del territorio nacional). Las áreas en conflicto suman 14,835 km<sup>2</sup> (29% del país). Es importante aclarar que el restante 4% del territorio nacional se ubica en áreas sin datos, cubiertas de Nubes, o Agua. La figura 1 muestra la ubicación de las zonas en concordancia, conflicto y sin datos.

En Uso No Forestal se identificaron 11,856 km<sup>2</sup> en concordancia con su capacidad de uso del suelo y 9,368 km<sup>2</sup> en conflicto de uso, específicamente por sobre uso, por cuanto están ubicados en las capacidades "Área protegida", "VF", "VI", "VII", "VIII". En Uso Forestal concordante se identificaron 22,117 km<sup>2</sup> y 5,467 km<sup>2</sup> de tierras bajo uso forestal o plantación permanente, en suelos de capacidad de uso "A", indicando una condición de sub-uso del suelo.

Las tierras de interés para una eventual estrategia REDD son aquellas de *Uso No Forestal* que se encuentra en conflicto. Se realizó un análisis preliminar de dichas áreas por provincia y área de conservación (ver figura 1), esto con el fin de ubicar las regiones administrativas del país donde se concentra los conflictos de uso.

El área de conflicto de uso se concentra en la provincia de Puntarenas con un 29% del total nacional. Es importante resaltar que la provincia de San José presenta la mayor densidad de área en conflicto y que Limón es la provincia que presenta el menor porcentaje de conflictos de

uso. Por consiguiente sería el área de conservación de ACLA-P la que presenta la mayor área de tierras en conflicto de uso con un 21.9%. Asimismo es importante señalar que tanto el sobre uso (uso agropecuario en tierras forestal) como el subuso (uso forestal en tierras no forestales) se concentran en el Estrato de Bosques en Propiedad Privada (80% y 86% del total de las tierras en conflicto).

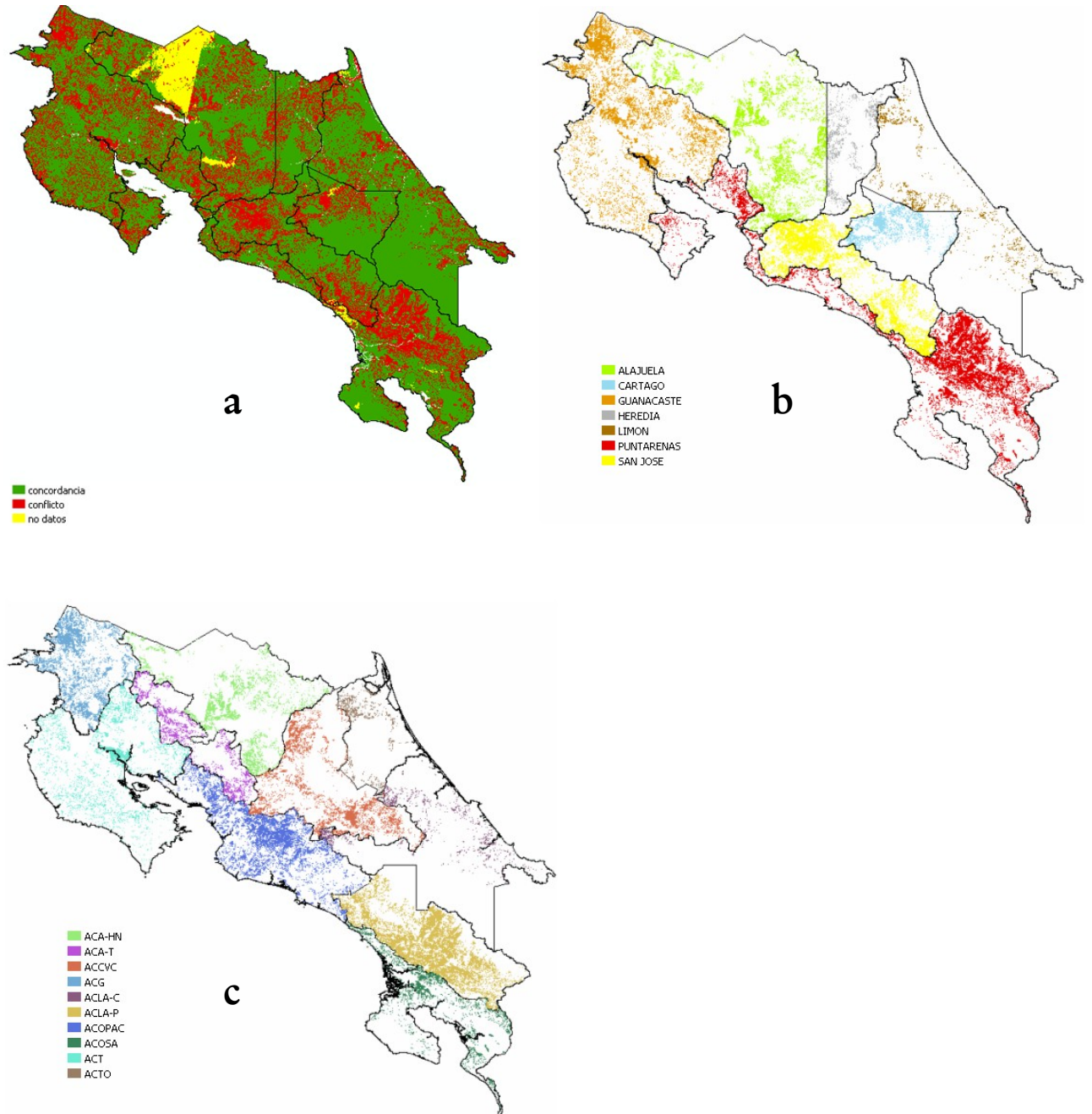


Figure 1: Áreas en Concordancia y Conflicto de uso al año 2005 (1a). Áreas en Conflicto de uso de las Tierras Forestales por provincia (1b). Áreas en Conflicto de uso de las Tierras Forestales por área de conservación de Costa Rica (1c).

Table 4: Distribución del área en conflicto por provincia.

Provincia	Tamaño (km <sup>2</sup> )	Área en Conflicto de uso (km <sup>2</sup> )	Proporción del área total en Conflicto	Proporción del área de la provincia
Heredia	2,661	340	3.6%	12.8%
Limon	9,198	404	4.3%	4.4%
Cartago	3,092	558	6.0%	18.0%
Alajuela	9,771	1,615	17.2%	16.5%
San Jose	4,970	1,639	17.5%	33.0%
Guanacaste	10,175	2,095	22.4%	20.6%
Puntarenas	11,209	2,716	29.0%	24.2%

Fuente: Laboratorio SIG FundeCoR.

Table 5: Distribución del área en conflicto por área de conservación

Área Conservación (AC)	Tamaño (km <sup>2</sup> )	Área en Conflicto de uso (km <sup>2</sup> )	Proporción del área total en Conflicto	Proporción del área del AC
ACTO	3,019	215	2.3%	7.1%
ACLA-C	7,236	319	3.4%	4.4%
ACA-T	2,482	522	5.6%	21.0%
ACOSA	4,241	599	6.4%	14.1%
ACA-HN	6,602	913	9.7%	13.8%
ACT	7,514	942	10.1%	12.5%
ACG	3,483	1,057	11.3%	30.4%
ACCVC	5,662	1,102	11.8%	19.5%
ACOPAC	5,491	1,643	17.5%	29.9%
ACLA-P	5,283	2,052	21.9%	38.9%

Fuente: Laboratorio SIG FundeCoR. Nomenclatura: ACTO Área de Conservación Tortuguero; ACLA-C Área de Conservación La Amistad Caribe; ACA-T Área de Conservación Arenal-Tilarán; ACOSA Área de Conservación Osa; ACA-HN Área de Conservación Arenal Huetar Norte; ACT Área de Conservación Tempisque; ACG ACT Área de Conservación Guanacaste; ACCVC ACT Área de Conservación Cordillera Volcánica Central; ACOPAC ACT Área de Conservación Pacifico central; ACLA-P ACT Área de Conservación La Amistad Pacifico

Tabla 6 Distribución del área en conflicto (sobreuso - uso agropecuario en categoría forestal Km<sup>2</sup>) por Estrato de Dinámica de uso del suelo

Región	Estrato	Área en conflicto de uso (uso Agropecuario en categoría Forestal)	Área Total de Uso No Forestal	% de Área en conflicto de uso
País	Reservas Indígenas	676	862	78%
Resto del país	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	95	98	97%
	Áreas Silvestres Protegidas	606	863	70%
	Propiedad Privada	5,992	14,487	41%
	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	360	366	98%
Guanacaste	Áreas Silvestres Protegidas	118	184	64%
	Propiedad Privada	1,523	4,365	35%
	<b>Total</b>	<b>9,369</b>	<b>21,226</b>	<b>44%</b>

Fuente: Laboratorio SIG FundeCoR, (2009).

Tabla 7: Distribución del área en conflicto (subuso - uso forestal en categoría agropecuaria Km<sup>2</sup>) por Estrato de Dinámica de uso del suelo

Región	Estrato	Área en conflicto de uso (uso Forestal en categoría Agropecuaria)	Área Total de Uso Forestal y Plantaciones Perennes	% de Área en conflicto de uso
País	Reservas Indígenas	243	2,193	11%
Resto del país	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	19	5,099	0.4%
	Áreas Silvestres Protegidas	445	4,241	10%
	Propiedad Privada	3,013	10,071	30%
	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	4	736	1%
Guanacaste	Áreas Silvestres Protegidas	63	471	13%
	Propiedad Privada	1,673	4,773	35%
	<b>Total</b>	<b>5,460</b>	<b>27,583</b>	<b>20%</b>

Fuente: Laboratorio SIG FundeCoR., (2009).

---

### 3. ESTUDIO DE USO DEL SUELO

---

Se estudia la capacidad del país para capturar carbono mediante el crecimiento y conservación de su cobertura boscosa. Para tal efecto se evalúa la dinámica del cambio de uso del suelo en dos periodos de 10 años, que van de 1980 y hasta al 2000, y un último periodo de 5 años que concluye en el 2005. Este último periodo permite hacer un análisis de la etapa de mayor influencia del Pago por Servicios Ambientales, un actor muy significativo en la capacidad del país para mantener cobertura y además es la última fecha que posee datos de cobertura para todo el país.

Para este estudio, el uso del suelo se re-agrupó en 3 categorías básicas: Otro uso, Bosque, Bosques Secundarios, que facilitan la interpretación de los resultados. Se puede seguir la pista sobre edades, permanencia y recuperación de los bosques y permite determinar la dinámica de esas cohortes a través de los años de comparación.

La metodología empleada para el cálculo del secuestro de carbono se basa en la comparación de stocks en la cobertura boscosa para diferentes períodos. Esta técnica ya ha sido empleada y recomendada por Brasil, que trabajan al igual que Costa Rica desde hace varios años en esta área de estudios de fijación de carbono.

#### 3.1 PROCESO METODOLÓGICO ESTUDIO USO DEL SUELO.

**Dinámica de uso del suelo:** Los mapas de uso del suelo que se usaron fueron los proporcionadas por Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para las fechas de 1980, 1990, y se tomaron la 2000 y 2005 de FONAFIFO. Se recibieron los mapas en formato vectorial (shape) por parte del IMN y FONAFIFO. Una vez leídos los “shape files”, se convierten a “raster” de Idrisi, con un tamaño de píxel de 100 x 100 m, pasándolo por una imagen en formato “.tif”, para facilitar las recodificaciones y las tabulaciones cruzadas, necesarias para poder seguir la pista de los bosques y sus cambios, que sirven para definir los cohortes durante el período, es decir de 1980 al 2005.

Se define el área dentro de la cual todas las imágenes resultantes contienen datos de uso del suelo, lo que permite sobreponer los distintos mapas y obtener las cohortes respectivas. De las categorías de uso del suelo que se encontraron en los distintas clasificaciones, se re-codificaron a 16 categorías afines para el juego de imágenes utilizado (1980, 1990, 2000 y 2005), con el propósito de normalizar estas clases en todos los mapas. Las 16 categorías resultantes fueron: 1. Bosque Primario, 2. Bosque Alterado y/o Intervenido, 3. Pasto con Árboles, 4. Cultivos y Pastos, 5. Charral, 6. Suelo Desnudo

7. Cuerpos de Agua, 8. Reforestación, 9. Nubes, Sombra de Nubes y No Datos, 10. Urbano, 11. Páramo, 12. Humedales, 13. Manglar, 14. No Clasificado, Fronteras, 15. Uso Mixto y 16. Deforestación FONAFIFO (con imágenes 1997-2000-2005).

Luego se reagruparon en las siguientes categorías<sup>2</sup>: 1. Cobertura Boscosa (1, 12, 13), 2. Bosque Secundario 1980 (2), 3. Otro Uso (3, 4, 5, 6, 10, 15,16), 4. Nubes/No datos (8, 9, 14), 5. Agua (7) y 6. Páramo (11). El propósito de esta reagrupación es obtener resultados lógicos, al realizar los análisis de cambio de uso del suelo (tabulaciones cruzadas), para las distintas fechas involucradas en el estudio (período 1980-2005), con el cual se fechan las distintas cohortes.

De la revisión de las reclasificaciones se observó que el Bosque Secundario de 1980 (Categoría 2), solamente se consignó en una de las imágenes que se usó para obtener el mapa total del país, compuesto por varias imágenes. Por esta razón finalmente se decidió reunir esta categoría con el uso de Cobertura Boscosa (Categoría 1) y desechar la opción de fechar los bosques secundarios de 1980. Finalmente se excluyen de todas las clasificaciones los usos 4, 5 y 6.

A partir de esta imagen reclasificada, se estudia la dinámica del cambio de uso del suelo desde 1980 con el fin de fechar las cohortes de uso del suelo y así establecer la edad media de la regeneración retenida en el período 2000-2005. Se utilizan períodos de 10 años para capturar el cambio neto de cobertura, obviando la regeneración efímera y la pérdida temporal de la cobertura boscosa. Esto con el fin de ser conservadores en las estimaciones de la recuperación de área boscosa, siguiendo la buena práctica del IPCC. El último período 2000-2005, es de cinco años, por cuanto la proyección del escenario de referencia requiere de la mejor estimación del efecto de las políticas actuales en el cambio de uso de la tierra. Si bien, el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) se establece desde 1997, su mayor efecto en la cobertura se concentra en la etapa 2000-2005.

El análisis se realiza para 7 estratos uniformes de dinámica de uso del suelo, con el propósito de evaluar el potencial de secuestro de carbono para áreas con diferentes realidades tanto socio-económicas como legales. Se separó aquellas áreas que se encuentran bajo régimen de protección absoluto (Parques Nacionales y Reservas Biológicas), Áreas Silvestres Protegidas y Reservas Indígenas del resto del país y se trabajó de manera independiente la provincia de Guanacaste. Últimamente las áreas de bosque en Guanacaste presentan una dinámica de recuperación propia de una realidad socio-económica diferente del resto del país, posiblemente por el impacto turístico, así como por decrecimiento de la actividad ganadera, muy propia de la zona.

**Estimación de la Captura de Carbono:** Se evalúa la capacidad del país de secuestrar carbono para cada estrato uniforme de dinámica de uso del suelo. La estimación de la captura se realizó en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> para cada quinquenio. Se calculó mediante la diferencia de los “stocks” entre períodos. La estimación del stock para cada año se realizó considerando que un bosque secundario llega a ocupación total del sitio en 35 años y que tanto para los bosques en Guanacaste como para el resto del país, la biomasa promedio en ocupación total es de 60 y 100 toneladas por hectárea de Carbono, respectivamente. A cada cohorte de regeneración se le

---

<sup>2</sup> Los números entre paréntesis representan las categorías de la leyenda con 16 categorías

estimó su stock basado en la proporción de la edad media sobre el tiempo total para alcanzar la ocupación total del sitio ( $\text{edad} / 35 \text{ años}$ ) multiplicado por el carbono en ocupación total del estrato. Se consideró una edad para la regeneración temprana de 22 años, y de 27 años para la regeneración media. La regeneración tardía se consideró en ocupación total del sitio, es decir con una edad superior a los 35 años.

### 3.2 RESULTADOS ESTUDIO USO DEL SUELO

El análisis de la dinámica en cambio de uso para todo el país, refleja que 3,626,195 ha se mantienen libre de nubes y con información de uso del suelo durante todo el período de estudio (1980-2005). Lo anterior implica que el área de estudio analizado comprende el 71% del país (es decir 3,626,195 ha de las 5,110,575 ha totales del país). Donde la distribución del uso del suelo para el 2005 comprende 2,646,169 ha en Otro uso (OU); 288,886 ha bajo Regeneración Temprana; 329,599 ha de Regeneración Media y 1,845,922 ha se mantienen como Bosque maduro o Regeneración Tardía.

El desglose de la cobertura por estratos se presenta en la Tabla 6. Las matrices de transición de uso del suelo 2000 a 2005 se presentan en el Anexo 4. En la Figura 2 se comparan las tasas de deforestación quinquenal de bosques de viejo crecimiento y regeneración tardía, bosques regenerados tempranos y medios y la tasa de recuperación quinquenal de cobertura boscosa durante el período 2000-2005 para las siete regiones homogéneas de dinámica de cambio de uso en Costa Rica. En la misma se observa, en todos los Estratos, que las mayores tasas de deforestación se presentan en la cohorte de Regeneración Temprana (regeneración de menos de 22 años de edad), seguida por la cohorte de Regeneración Media (regeneración entre 22 y 27 años de edad), y por último los Bosques Primarios y de Regeneración Tardía (regeneración con más de 27 años de edad). Asimismo, se observa en todas las cohortes, un aumento de la tasa de deforestación aparentemente asociado a la categoría de manejo del Estrato, en donde los Parques Nacionales presentan la deforestación más baja, seguida de las Áreas Silvestres Protegidas, Reservas Indígenas y por último los Bosques en Tierras Privadas.

En la Figura 3a, se observa que durante el quinquenio 2000-2005, en todos los Estratos el área regenerada supera el área deforestada con excepción del Estrato conformado por los Bosques en Propiedad Privada fuera de Guanacaste (127,790 ha deforestadas - 124,773 ha regeneradas). En el país se perdieron entre 144,398 y 224,406 ha y se regeneraron entre 207,983 y 288,886 ha, lo que implica un balance positivo de recuperación de cobertura boscosa entre 63,585 y 64,479 ha. De las hectáreas perdidas, un 42% corresponde a regeneración temprana, un 32% son regeneración media y el restante 27% a bosques de viejo crecimiento.

Este rango tan amplio antes mencionado se debe a la utilización de los datos extrapolados al Territorio Nacional en su totalidad (un 71% del territorio fue analizable con la información y un 29% fue cubierto de nubes, sombras ó no habían datos), así como a diferencias obtenidas entre el proceso y la revisión. Además, si bien se cumplieron los objetivos y estándares preestablecidos en cada estudio y se utilizó el mismo sensor en todos los casos, no se aplicó en todas las imágenes la misma metodología de clasificación ni las mismas categorías de uso. No obstante el enfoque metodológico utilizado en este estudio permite conocer mejor la dinámica del cambio de uso, por cuanto separa adecuadamente la deforestación bruta de la neta.

Por lo tanto se requiere mejorar las estimaciones realizadas desarrollando un estudio detallado en el cual la metodología de clasificación, categorías de uso y tratamientos pre y post procesamiento sean uniformes. Adicionalmente, se requiere establecer la definición oficial de deforestación bruta y deforestación neta a utilizar en el contexto de esta Estrategia REDD+.

Teniendo en cuenta las limitaciones de esta evaluación, se estima que para dicho periodo el secuestro de carbono fue de 55,808 Gg CO<sub>2</sub>. Dicho secuestro de carbono se produce de forma



diferenciada en cinco Estratos Uniformes de dinámica de uso del suelo, con diferentes realidades tanto socio-económicas como legales: Propiedad Privada de Guanacaste (34%), seguido con un aporte muy similar por parte de los Parques Nacionales (22%), Los Bosques en Propiedad Privada del resto del país (21%) y las Áreas Silvestres Protegidas (18%). Las Reservas Indígenas aportan el restante 4%.

Table 8: *Tamaño y Cobertura al 2005 de los Estratos Uniformes de dinámica de uso del suelo en Costa Rica.*

Región	Estrato	Cobertura boscosa (ha)	Área (ha)	% Cobertura
País	Reservas Indígenas	239,016	344,331	69%
Resto del país	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	442,041	450,732	98%
	Áreas Silvestres Protegidas	410,173	501,482	82%
	Propiedad Privada	718,830	2,525,933	28%
	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	97,008	135,687	71%
Guanacaste	Áreas Silvestres Protegidas	48,293	67,891	71%
	Propiedad Privada	509,046	1,084,520	47%
	<b>Total</b>	<b>2,464,406</b>	<b>5,110,575</b>	<b>48%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Table 9: *Carbono capturado por crecimiento y mantenimiento de la cobertura boscosa, durante el período 2000-2005, desglosado por Estrato Uniforme de dinámica de uso del suelo en Costa Rica.*

Región	Estrato	Captura de Carbono (Gg CO <sub>2</sub> )	% del total
País	Reservas Indígenas	2,439	4%
	Áreas Silvestres Protegidas	10,177	18%
	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	12,325	22%
Resto del país	Bosques Propiedad Privada	11,722	21%
Guanacaste	Bosques Propiedad Privada	19,144	34%
<b>Total</b>		<b>55,808</b>	<b>100%</b>

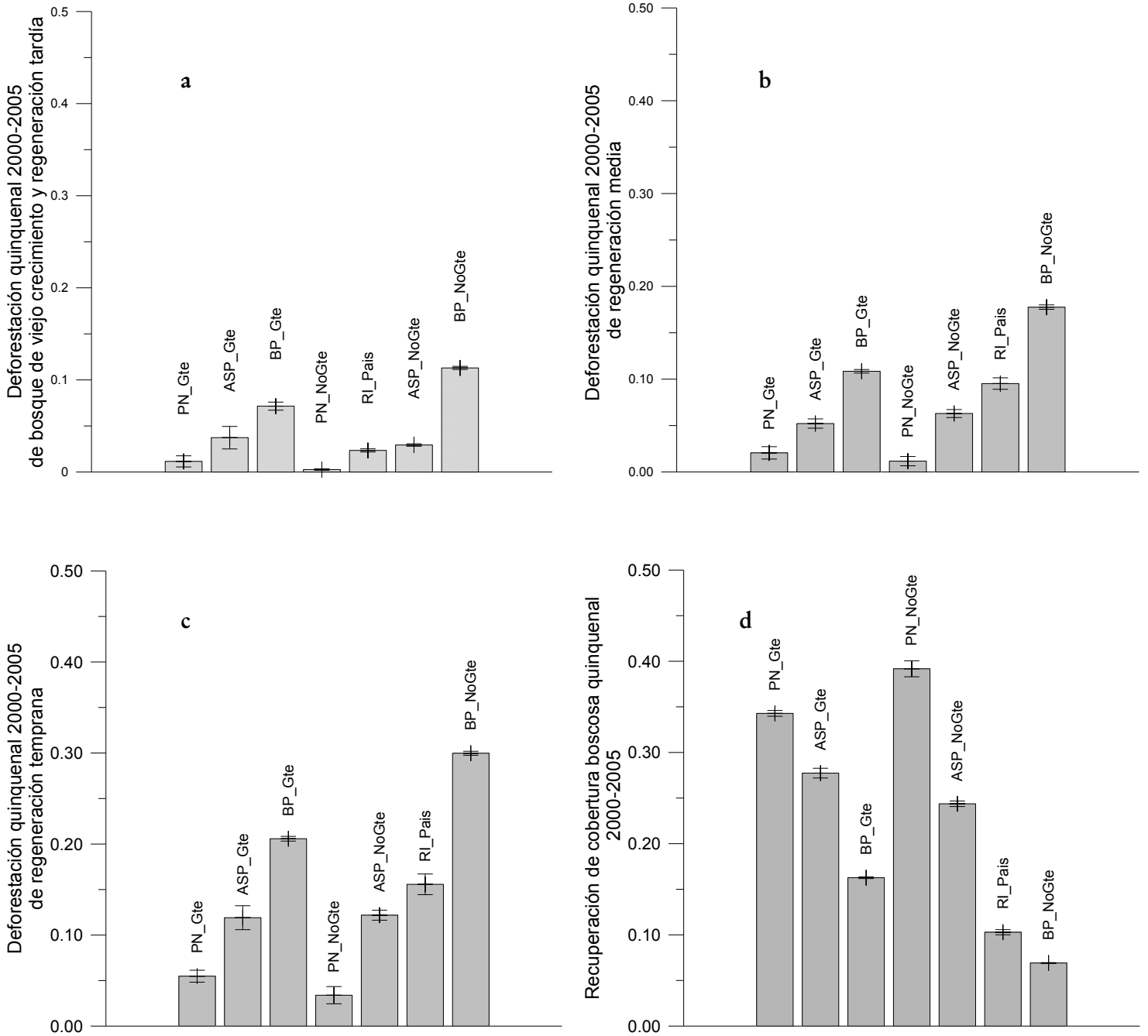


Figure 2 Tasa de deforestación quinquenal de bosques de viejo crecimiento y regeneración tardía (gráfica a) y bosques regenerados medios y tempranos (gráficas b y c), y tasa de recuperación quinquenal de cobertura boscosa (gráfica d), durante el período 2000-2005 para siete diferentes regiones homogéneas de dinámica de cambio de uso en Costa Rica: Parques Nacionales en Guanacaste (PN\_Gte), Áreas Silvestres Protegidas en Guanacaste (ASP\_Gte), Bosques en Propiedad Privada en Guanacaste (BP\_Gte), Parques Nacionales en el resto del país (PN\_NoGte), Áreas Silvestres Protegidas en el resto del país (ASP\_NoGte), Reservas Indígenas en todo

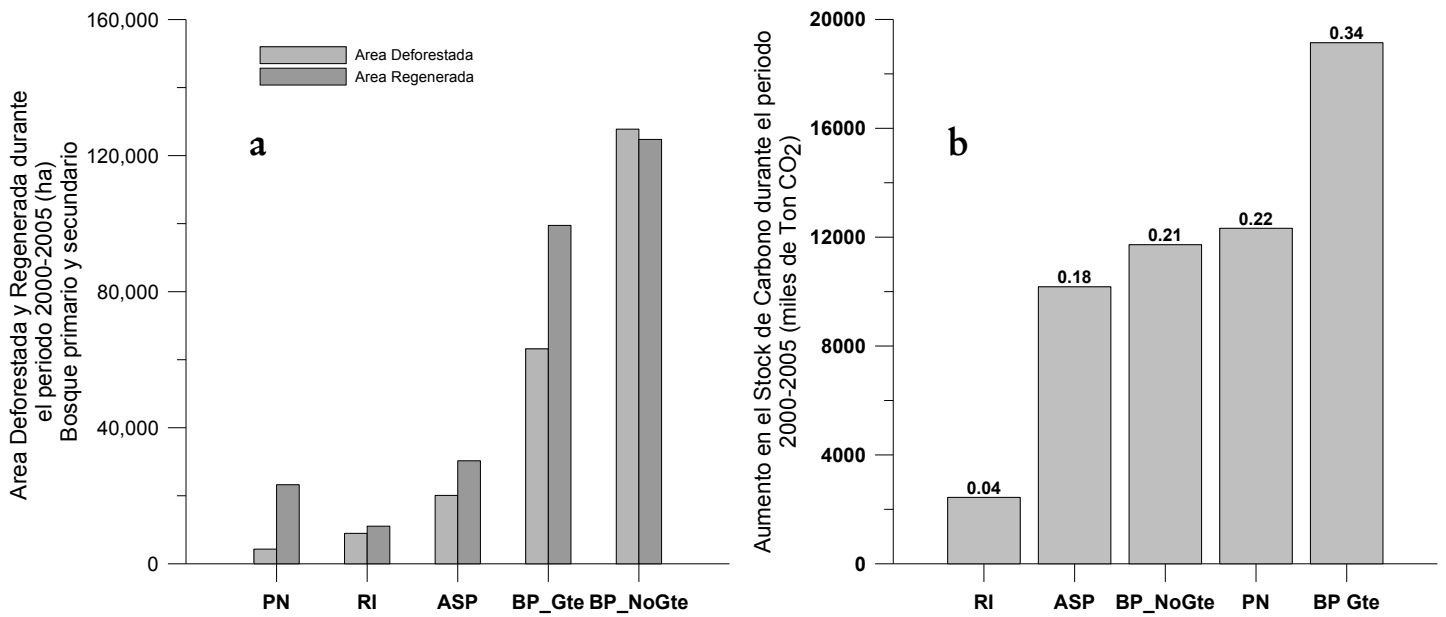


Figure 3: Área deforestada y regenerada en hectáreas (3a) y aumento en el stock de carbono en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> (3b) durante el período 2000-2005 en Parques Nacionales (PN), Reservas Indígenas (RI), Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y Bosques en Propiedad Privada para todo el país (BP), en Guanacaste (BP Gte) y fuera de Guanacaste (BP NoGte).

#### 4. ANÁLISIS DE CONDUCTORES DE DEFORESTACIÓN:

Cuando la deforestación empezó a emerger como un tema de preocupación internacional, era vista como "un fenómeno social irracional y algo misterioso" (Walker, 2004). Teóricos convencionales normalmente brindan explicaciones relacionadas con el crecimiento de la población o la intensificación de la agricultura. Las razones por las cuales la gente decide hacer cambio de uso, generando la deforestación, pasaron inadvertidas hasta hace muy poco. Existe amplia literatura relativa a las diversas causas de la deforestación en los trópicos (Kummer y Turner, 1994; Kaimowitz y Angelsen, 1999, Geist y Lambin, 2002; Brockett y Gottfried, 2002). Helmut Geist y Eric Lambin (2002) de manera intuitiva señalan en su estudio sobre las causas de la deforestación tropical que la transición se explica mejor por "conductores múltiples que actúan sinérgicamente, y que son impulsados por la interacción de variables económicas, institucionales, tecnológicos, culturales y demográficas".

Geist y Lambin (2002), así como Angelsen y Kaimowitz (1999) presentan ideas útiles respecto a las relaciones entre las diversas micro y macro-fuerzas económicas que actúan unos sobre otras de manera interdependiente, resultando en el fenómeno de la deforestación. Estas fuerzas se pueden desglosar en dos grupos principales: las causas subyacentes, que suelen ser las fuerzas socioeconómicas y políticas que ocurren a nivel macroeconómico y las causas inmediatas, que ocurren a nivel microeconómico para influir directamente en las acciones de los agentes (aquellos con control sobre las decisiones del uso de la tierra). Las diferencias en las causas subyacentes e inmediatas de un lugar del trópico a otro confirman que la deforestación no sólo difiere entre países tropicales, sino también entre regiones vecinas en un país

Para simplificar considerablemente el proceso que está explicado en detalle en el estudio de Angelsen y Kaimowitz, las distintas fuerzas que actúan sobre la deforestación podrían ser ilustradas por tres anillos por encima de una parcela de tierra determinada (figura 4): en el anillo exterior están las causas subyacentes, en el anillo medio las causas inmediatas, y el anillo central las medidas adoptadas de acuerdo con las decisiones tomadas por los agentes.

Usando este ejemplo como un modelo, se puede ilustrar el uso de la tierra y el cambio de cobertura como un efecto dominó a la inversa. Empezando desde el exterior, las fuerzas subyacentes más amplias en el anillo exterior (por ejemplo, presión de la población o los cambios de políticas) requieren cambios en el anillo central (por ejemplo, aumento de renta de la tierra o la construcción de carreteras), que a su vez ejerce presión o proporciona incentivos sobre los agentes en el anillo central para modificar el uso del suelo o de la cobertura (por ejemplo, conversión de bosques a tierras agrícolas).

Esta simplificación ilustra el hecho de que muy pocas veces existe una sola y aislada causa que conduce a la deforestación en una región determinada. Sin embargo, a lo largo de los trópicos, las tierras forestales son a menudo despejadas para dar paso a la expansión agrícola, lo cual incluye la conversión de bosque para cultivos permanentes, ganadería, agricultura migratoria, y agricultura de colonización (Geist y Lambin, 2002). En Costa Rica, la deforestación se atribuye principalmente a la remoción de tierras para la agricultura y la ganadería (Wyels, 2003; de Camino et al, 2000). Donde las decisiones tomadas por los agentes para despejar la tierra para estos fines, se realizan con el fin de maximizar los beneficios de la tierra.

**Una perspectiva espacial y económica de la deforestación:** El concepto de que la cobertura cambia en el espacio con respecto a la renta de la tierra no es de reciente descubrimiento. Johann Heinrich von Thünen fue el primero en proporcionar un análisis profundo de la economía espacial en su teoría de *El Estado Aislado* en 1826. Su trabajo en el desarrollo de análisis espaciales y teoría de la renta de la tierra ha sido fundamental para los teóricos del uso del suelo y su mejor comprensión del proceso de deforestación.

El modelo de Von Thünen basado en la teoría de la renta de la tierra utiliza los mercados agrícolas para ejemplificar la relación entre renta de la tierra, distancia a los mercados, y el consiguiente uso de la tierra (Nelson, 2002). A pesar de que el suyo es un modelo rudimentario que deja de tomar en cuenta varios factores temporales y espaciales, si ilustra de manera simplista que la utilización de la tierra es inherentemente espacial. La teoría descansa en el concepto de que la renta de la tierra disminuirá a medida que aumenta la distancia al mercado, y viceversa. Hoy en día es sabido que la accesibilidad al mercado impulsa la deforestación en gran medida por la reducción de los costes de transporte y el aumento de los beneficios de la tierra. En otras palabras, entre más fácil sea hacer llegar los productos al mercado de una parcela determinada, mayor es el valor de la tierra, y es más probable que sea deforestada. Por lo tanto, al brindar accesibilidad a los mercados, los ríos, ferrocarriles, y particularmente los caminos estarán estrechamente vinculados al avance de la deforestación, haciendo el evento un fenómeno espacialmente explícito (Vance y Geoghegan, 2002; Walker, 2004) fácilmente ilustrable mediante Sistemas de Información Geográfica.

Sin embargo el alcance del modelo de Von Thünen es limitado, ya que no es capaz de explicar por qué una parcela de tierra podría ser convertida a la agricultura, mientras que otra parcela con acceso similar al mercado, se mantiene bajo cobertura boscosa. No obstante, si adicionalmente se conceptualiza la deforestación desde una perspectiva económica, se vinculan las acciones de los agentes a sus objetivos y se explica por qué la mayoría de las tierras deforestadas son aquellas que son económicamente más productivas.

Con la creciente preocupación sobre los efectos ecológicos y potencialmente desastrosos de la deforestación, investigadores y científicos interesados en la teoría del uso del suelo y en la conservación han desarrollado numerosos, innovadores y eficaces marcos conceptuales que tratan de identificar las fuerzas socioeconómicas que pueden ser utilizados para explicar los patrones espaciales y temporales de desarrollo del paisaje (Irwin y Geoghegan, 2001; Vance, y Geoghegan, 2002; Walker, 2004; Alix, 2007). Estos modelos tratan, y son a menudo muy útiles, de explicar y predecir la probabilidad de cambio de uso del suelo en una zona determinada. Si son apropiadamente desarrollados y aplicados, tales modelos econométricos pueden ser eficaces en la creación de una mejor comprensión de la deforestación, a fin de desarrollar e implementar medidas de control.

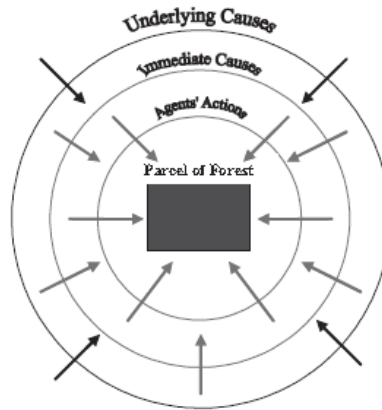


Figure 4 Ilustración de las fuerzas que actúan en el cambio de uso de la cobertura boscosa (Angelsen y Kaimowitz, 1999)

**Creación de un modelo analítico:** El que un propietario de tierra decida o no deforestar una parcela depende de una compleja combinación de características individuales, necesidades y factores socioeconómicos, incluyendo (pero no limitado a): valor de mercado de la producción de posibles alternativas de uso, consumo doméstico, disponibilidad de mano de obra, valor personal asignado al bosque, nivel de la educación, y valor potencial o esperado de la tierra en el futuro (Vance, y Geoghegan, 2002). Es poco probable, y prácticamente imposible, que cada una de estas innumerables fuerzas puedan ser medidas y tomadas en cuenta en un modelo, en la mayoría de los casos también resulta impráctico que sea así. En realidad, generalmente hay sólo unos cuantos factores críticos que influyen en gran medida en las decisiones de uso del suelo, y en consecuencia, en el cambio de cobertura. Los otros factores, aunque ciertamente están presentes e influyen, en comparación son sólo marginales. Es la tarea de los modeladores econométricos, entonces, capturar y medir esas fuerzas que son estadísticamente necesarias para determinar y predecir el cambio de cobertura.

El modelo de Walker (2004) supone que el factor determinante para efectuar un cambio de cobertura es la rentabilidad potencial de la tierra. Según Munroe et al (2004), la rentabilidad de la tierra, o renta de la tierra, es una función de dos variables: factores biogeofísicos que determinan la productividad de la tierra (p.e. topografía, fertilidad del suelo y condiciones climáticas) y, como von Thünen previó, accesibilidad al mercado (es decir, los costes de transporte). En una parcela de tierra dada, si su productividad y proximidad al mercado sobre valoran la tierra tal como está, entonces probablemente va a ser convertida para producir ese valor extra.

Walker (2004), en su trabajo sobre teorías del uso del suelo y del cambio de cobertura en relación con la deforestación tropical, desarrolla un modelo econométrico muy útil que incorpora tanto la dinámica espacial como la temporal, para determinar la probabilidad de que el cambio de cobertura (deforestación), ocurra en una determinada parcela de tierra. Con el fin de llegar a este modelo, Walker integra varias teorías tradicionales y contemporáneas, y las aplicaciones de varios académicos y científicos.

Según este modelo, la tierra es convertida a la agricultura ( $a$ ), o dejada como bosque ( $f$ ). La probabilidad de que la deforestación ocurra se puede expresar en los siguientes términos:

$$\text{Ecuación 1: Prob[deforestación]} = \text{Prob}[\ln R_{al}(p, w) + \varepsilon_{al} > \ln R_{fl}(p, w) + \varepsilon_{fl}]$$

En este caso,  $l$  es una ubicación arbitraria donde la probabilidad está siendo medida,  $\varepsilon$  es una variable aleatoria que representa los efectos no observados, y  $R$  representa la renta de la tierra, la cual depende esencialmente de los costes de entrada ( $p$ ) y salida ( $w$ ), los cuales a su vez dependen en gran medida los costes de transporte (Walker, 2004). Para este modelo, la probabilidad de que el uso del suelo se convierta de bosque a uso agrícola depende del valor del bosque en comparación con el valor del mejor uso alternativo de la tierra (renta de la tierra).

#### 4.1 RELACIÓN DE LA RENTA DE LA TIERRA Y LA DEFORESTACIÓN EN COSTA RICA

En el estudio de uso del suelo descrito en el acápite anterior (ítem 3) se identificaron siete Estratos Uniformes de dinámica de uso del suelo, con diferentes realidades tanto socio-económicas como legales. El país cuenta con áreas bajo régimen de protección absoluto (Parques Nacionales y Reservas Biológicas), áreas de propiedad privada con restricciones de uso (Áreas Silvestres Protegidas), áreas de dominio comunal (Reservas Indígenas) y bosques de propiedad privada con restricción de cambio de uso (resto del país). Asimismo se identifica la región de Guanacaste (Pacífico Norte del país) como un área que presenta una dinámica de recuperación propia de una realidad socio-económica diferente a la del resto del país, posiblemente por el impacto turístico, así como por decrecimiento de la actividad ganadera, muy propia de la zona.

En todos los Estratos (ver Figura 2), se observó que las mayores tasas de deforestación se presentan en la cohorte de Regeneración Temprana, seguida por la cohorte de Regeneración Media, y por último los Bosques Primarios y de Regeneración Tardía. Asimismo, para todas las cohortes se observó un aumento de la tasa de deforestación aparentemente asociado a la categoría de manejo del Estrato, en donde los Parques Nacionales presentan la deforestación más baja, seguida de las Áreas Silvestres Protegidas, Reservas Indígenas y por último los Bosques en Tierras Privadas.

No obstante, considerando el modelo de Walker (2004), dicha tendencia estaría asociada a un gradiente de renta de la tierra, donde los Parques Nacionales presentarían la menor renta media y los Bosques Privados la mayor. Esta hipótesis se evaluó utilizando las tasas de deforestación observadas durante el periodo 2000-2005 (ver anexo 4), y la renta media para cada Estrato.

La renta media de la tierra de cada Estrato Uniforme de dinámica de uso del suelo ( $R_a$ ), se aproximó mediante un índice basado en la densidad de caminos, determinado a partir de un modelo empírico basado en el concepto desarrollado por von Thünen. El modelo determinó un índice como indicador de la relación entre el costo de oportunidad de la tierra y la distancia a los mercados. El desarrollo de este modelo es explicado en detalle por Leclerc y Rodríguez (1998). Esencialmente, se asumió que la renta de la tierra disminuye exponencialmente a medida que la distancia al camino más cercano aumenta, llegando a un costo de oportunidad cercano a cero a una distancia mayor o igual a un kilómetro.



Cada Estrato Uniforme se subdividió en píxeles de 100 x 100 metros, y se estableció una zona de amortiguamiento de un kilómetro en torno a todos los caminos (pavimentados o en lastre). El índice de renta de la tierra  $i$ , donde  $0 \leq i \leq 1$ , es calculado para cada píxel usando la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2: } i = e^{d/100}$$

donde  $d$  es la distancia al camino más cercano. La renta esperada para cada píxel se podría aproximar según el índice determinado. Las diferentes estimaciones de renta de cada píxel fueron luego promediadas para cada Estrato Uniforme de dinámica de uso del suelo a fin de determinar la renta media ( $R_a$ ):

$$\text{Ecuación 3: } R_a = \frac{\sum \text{índice de renta}}{\text{total de píxeles}}$$

**Resultados:** En la figura 5 se muestra la deforestación quinquenal observada para cada Estrato Uniforme de dinámica de uso del suelo en función de la renta media de los estratos en Guanacaste (figura 5b) y para el resto del país (figura 5a). Claramente se observa para ambas regiones y para todas las cohortes de cobertura (regeneración temprana, media, tardía y bosque de viejo crecimiento), la estrecha relación entre la renta de la tierra y la tasa de deforestación quinquenal. De acuerdo a Walker (2004), lo que está sucediendo es que los Parques Nacionales y Áreas Silvestres Protegidas se deforestan menos por que la renta de sus tierras es menor a la de los Bosques Privados.

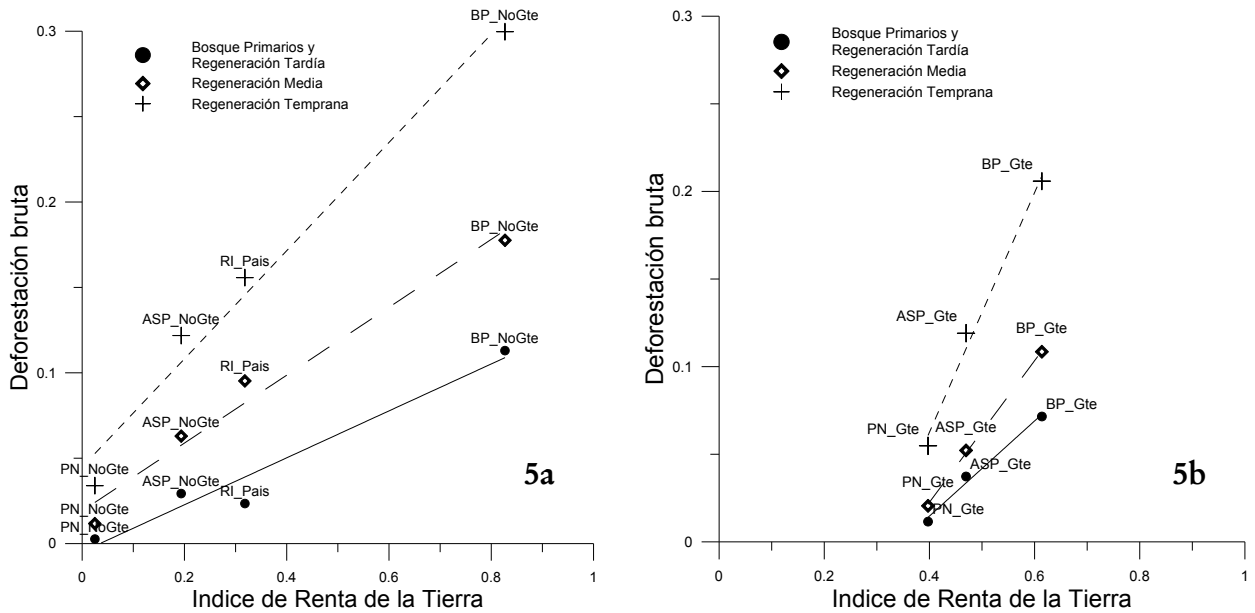


Figure 5: Deforestación bruta para las diferentes cohortes de regeneración ordenada según el índice de renta de la tierra del Estrato Uniforme de dinámica de uso del suelo dentro de Guanacaste (5b) y fuera de Guanacaste (5a).

#### 4.2 LA INCLUSIÓN DE LOS PSA COMO UNA VARIABLE INDEPENDIENTE.

Ferraro (2001), señala en su estudio sobre el desempeño de los pagos de conservación, que "al nivel más fundamental, la rentabilidad de la agricultura, no importa cuan marginal, induce a la conversión de hábitat. Por lo tanto, sólo la rentabilidad de la conservación puede detenerlo". Así, teóricamente, si hubiera un instrumento político o de otro tipo, destinado a aumentar el valor de las tierras con cobertura forestal con respecto a aquellas con el mejor uso alternativo del suelo, la renta de tierras con cobertura forestal igualaría a la de las tierras agrícolas (es decir,  $R_{af} = R_{fl}$ ), y no habría ganancia adicional para la conversión de la tierra para la agricultura. La deforestación por lo tanto sería poco probable.

El programa de PSA en Costa Rica es un instrumento político diseñado para compensar el costo de oportunidad de las alternativas de uso de la tierra. Mediante el pago a los propietarios de la tierra para preservar o conservar su tierra bajo cobertura boscosa, los PSA pueden efectivamente aumentar el valor de las tierras bajo cobertura forestal hasta cerca del valor de las tierras deforestadas. Los PSA no pueden competir con el valor de las tierras significativamente productivas, pero se ha estimado que alrededor de dos tercios de las tierras de Costa Rica deforestadas desde 1966 no son aptas para otra cosa que cobertura forestal (Kishor y Constantine, 1993; Zbinden y Lee, 2004). Es por esta razón que el PSA en Costa Rica se ha enfocado a dueños de tierras menos productivas.

Tattenbach et al (sf) derivaron un modelo econométrico a partir del modelo previamente descrito de Walker (2004), para explicar los efectos que un programa de PSA podría tener sobre la renta del bosque, y por lo tanto sobre la probabilidad de deforestación. Según este modelo, hay dos tipos de bosques: los que están protegidos por PSA (c), y los que no (s). En una

determinada región, es posible tener ambos tipos de bosque, por lo tanto la suma de las proporciones de estos dos tipos de bosques ( $h$ ) es 1 ( $h_s + h_c = 1$ ). Asumiendo que los efectos aleatorios se anulan ( $\varepsilon_{al} - \varepsilon_{fl} = 0$ ), y que, como resultado de las políticas restrictivas para el uso forestal, las tierras de bosque sin PSA no aporta ningún valor ( $R_{fl}(p, w) = 0$ ), entonces la probabilidad de que la deforestación se produzca se puede expresar como:

$$\text{Ecuación 4: Prob[deforestación]} = \text{Prob}[(\ln R_{al}(p, w) - \ln R_{fl}(p, w))(h_s + h_c) > 0]$$

$$\text{Ecuación 5: Prob[deforestación]} = \text{Prob}[R_{al}(p, w) - R_{fl}(p, w)h_c > 0] \quad (3)$$

En el PSA de Costa Rica, el precio establecido para pagar los servicios ambientales se mantiene constante ( $R_{fl}(p, w) = k$ ), por lo que la probabilidad de deforestación ( $d$ ) en una región ( $r$ ) se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Ecuación 6: } d_r = R_{ar} - kh_{cr}$$

donde  $R_a$  es la media de la renta de la tierra alternativa en una región y  $h_c$  es la proporción de bosques bajo PSA.

**Resultados:** Utilizando una base de datos geo referenciada del FONAFIFO, con el área pagada por servicios ambientales en el período 1997-2005, se determinó la penetración del Sistema para cada uno de los Estratos y Cohortes de cobertura (tabla 10). En el Anexo 5 se presentan los análisis de regresión en los cuales se comprueba estadísticamente la estrecha relación entre la deforestación y el índice de renta de la tierra ( $0.75 R^2$ , p-valor:  $< 0.0001$  para el coeficiente del índice de renta).

Asimismo se comprueba estadísticamente que el modelo de Tattenbach et al (sf), que incluye adicionalmente a la renta de la tierra la penetración del PSA como variable independiente, logra explicar el 92% de la variabilidad de la deforestación observada en todos los estratos y cohortes excepto para los Parques Nacionales dentro y fuera de Guanacaste, así como las Áreas Silvestres Protegidas fuera de Guanacaste. Los coeficientes para el índice de renta de la tierra y para la penetración del PSA son significativos y del signo correcto (0.40 p-valor: 0.0001 y -1.55 p-valor: 0.0089, respectivamente).

$$\text{Ecuación 7: } d_r = 0.4R_{ar} - 1.55h_{cr}$$

## 5. CONCLUSIONES GENERALES

*Análisis matricial de dinámica de cohortes de cobertura boscosa:* El enfoque tradicional de análisis de la deforestación es limitado, se requiere conocer la estructura (composición de los cohortes) de la cobertura en estudio (carbono medio) para alcanzar una mejor comprensión del fenómeno. El análisis matricial de dinámica de cohortes permite conocer la composición del vector resultante de cobertura como producto de la deforestación y la regeneración observada del periodo. Esto permite dimensionar la dinámica de uso de tierra que experimenta el país, más allá de una tasa de deforestación negativa que indique que estamos recuperando cobertura. Es interesante que se haya podido determinar que todos los Estratos de Dinámica de uso del suelo están ganando cobertura, mientras que los Bosques Privados fuera de Guanacaste tienen un balance negativo.

Se requiere mejorar las estimaciones realizadas en este estudio desarrollando un estudio detallado en el cual la metodología de clasificación, categorías de uso y tratamientos pre y post procesamiento sean uniformes. Adicionalmente, se requiere establecer la definición oficial de deforestación bruta y deforestación neta a utilizar en el contexto de esta Estrategia REDD+.

*Deforestación y edad del bosque:* También ha permitido identificar una gradiente de deforestación vinculada a la cohorte de regeneración, que si bien responde a elementos biofísicos (está presente incluso en los Parques Nacionales), esta sugiere, entre otras cosas, que los agentes enfrentan barreras o estímulos legales y económicos que fomentan la remoción de la cobertura regenerada, especialmente la temprana. Por otra parte, la baja deforestación observada en las cohortes de mayor edad o bien de viejo crecimiento, en todos los Estratos, evidencia una preferencia hacia su preservación por sobre los bosques regenerados.

*Deforestación, renta de la tierra y PSA:* Asimismo, es evidente que el análisis de la deforestación en Costa Rica requiere que sea estratificado. Está claro que el país presenta dos grandes regiones socio económicamente diferentes: Guanacaste y Resto del País; así como también existen cuatro tipos de dominio de tenencia: Parques Nacionales, Áreas Silvestres Protegidas, Reservas Indígenas y Bosques Privados. Dentro de este conjunto de Estratos (región-dominio) se presenta una gradiente de deforestación estadísticamente significativa y positivamente relacionada a la renta de tierra; y dentro de los dominios de tenencia no públicos (privado, comunal y mixto), existe una gradiente de deforestación estadísticamente significativa y positivamente relacionada tanto a la renta de la tierra como a la penetración del programa de pago por servicios ambientales.

En la tabla 11 se resume en cifras la dinámica de uso del suelo para el período 2000-2005, por régimen de tenencia de la tierra, para dos regiones socio-económicamente diferentes (Guanacaste y Resto del país).

*Parques Nacionales y Reservas Biológicas:* Bajo este dominio de tenencia de la tierra se encuentra el 22% de la cobertura del país al 2005. Este estrato presenta baja renta de la tierra y por consiguiente una baja deforestación. La ausencia de personas viviendo en

los Parques y Reservas sugiere que la deforestación observada es exclusivamente producto de eventos naturales (deslizamientos, terremotos o incendios forestales). Este estrato presenta la menor cantidad de tierras en conflicto de uso (sub o sobre uso); se encuentra en proceso de recuperación de cobertura, especialmente en Guanacaste, y capturó el 21% del total de carbono durante el periodo 2000-2005. Dado el carácter público de estas tierras, la autosuficiencia financiera, compra de tierras y protección de límites son útiles para mantener esta tendencia de mejora de stock de carbono. No obstante, estrategias de mercado como el PSA aplicados en las áreas de amortiguamiento podría tener como co-beneficio el mantenimiento de la integridad de los Parques Nacionales al alejar y sostener el avance de la frontera agrícola.

**Áreas Silvestres Protegidas:** Bajo este régimen de tenencia se encuentra el 19% de cobertura del país al 2005. Al igual que en los Parques Nacionales, este estrato presenta una baja renta de la tierra, especialmente fuera de Guanacaste, razón por la cual la deforestación es también baja. La cobertura en este estrato es estable (menos del 4% del estrato se deforestó y más del 7% se regeneró durante el quinquenio 2000-2005), fuera de parques nacionales es el lugar donde la regeneración es menos efímera, lo que se refleja en las altas tasas de retención bosques de crecimiento secundario. La proporción de tierras en conflicto es baja y en este estrato se capturó el 18% del total de carbono. El régimen de tenencia mixto (público-privado) de este estrato, aunado al hecho de que esta zona tenga una baja renta de la tierra, hace a la cobertura forestal relativamente más competitiva y por lo tanto el impacto relativo del PSA y el Manejo de Bosque Natural sea mucho mayor. Eventualmente, un PSA acompañado de una política de fomento al manejo sostenible del bosque y sus encadenamientos productivos puede mantener y mejorar el stock de carbono en este estrato.

**Bosques en Propiedad Privada:** Bajo régimen de propiedad se encuentra el 50% de la cobertura boscosa del país al 2005. A diferencia de los Parques Nacionales y de las Áreas Silvestres Protegidas, las tierras de este estrato presentan el mayor índice de renta, y por ende presenta la deforestación más alta en todas las cohortes de cobertura. Este es el único estrato que presenta una pérdida neta de cobertura. No obstante, a pesar de que en el quinquenio 2000-2005 se deforestaron 127,790 ha y se regeneraron solamente 124,773 ha, este Estrato es el responsable del 55% de la captura de carbono de dicho periodo. Esto gracias a que el crecimiento del bosque secundario superó la disminución del stock por deforestación. Asimismo, se resalta que en este Estrato se concentra el 80% de las tierras en conflicto de uso. Se estiman que existen más de 650,000 ha de tierras en uso Agropecuario, con capacidad de uso Forestal. El alta renta de la tierra en este estrato, la incapacidad del Estado para hacer cumplir la legislación ambiental, las políticas que restan competitividad a la actividad forestal frente a sus alternos, fomentan en los agentes económicos la preferencia del uso agropecuario sobre el forestal, aún cuando la capacidad de uso del suelo no lo soporta. La capacidad del PSA en este estrato es limitada y no puede competir con usos del suelo de muy alta renta como el cultivo de piña o banano. Se requiere de una serie de cambios en las políticas restrictivas del uso forestal, así como de ordenar y legalizar el proceso de deforestación-regeneración que se está dando al margen de la ley (más de 125,000 en cinco años) y así aprovechar los co-beneficios de este tipo de mercados, para financiar iniciativas de recuperación de tierras en sobre uso.

**Reservas Indígenas:** Bajo este dominio de tenencia comunal se encuentra el 10% de la cobertura boscosa del país al 2005. El índice de renta de la tierra no es tan bajo como en los Parques Nacional y Áreas Silvestres Protegidas, y presenta una tasa de deforestación intermedia en los todas las cohortes. El conflicto de uso de tierra es bajo y aporta el 4% de la captura de carbono del país. Esta tendencia de mejora del stock de carbono puede mantenerse siempre y cuando se adecue el PSA a la realidad de tenencia (propiedad es comunal); se habilite en las Reservas Indígenas el manejo de bosque natural, se atienda la problemática de invasores que están titulando tierra, y se atienda la problemática ligada al crecimiento poblacional. Sin embargo la realidad de este Estrato puede ser la misma que en las ASP siendo la tenencia del bosque más clara en las RI que en las ASP.

Tabla 10: Deforestación quinquenal, penetración del sistema de pago por servicios ambientales e índice de renta de la tierra para todos los estratos de dinámica de uso del suelo y cohorte de cobertura

Región	Estrato	Cohorte de cobertura	Deforestación Quinquenal	PSA	Índice de Renta de la Tierra
Fuera de Guanacaste	Parques Nacionales	Temprana	0.03	0.07	0.02
	Parques Nacionales	Media	0.01	0.05	0.02
	Parques Nacionales	Bosque Viejo	0.00	0.01	0.02
	Áreas Silvestres Protegidas	Temprana	0.12	0.06	0.19
	Áreas Silvestres Protegidas	Media	0.06	0.27	0.19
	Áreas Silvestres Protegidas	Bosque Viejo	0.03	0.18	0.19
	Bosques Privados	Temprana	0.30	0.06	0.83
	Bosques Privados	Media	0.18	0.07	0.83
	Bosques Privados	Bosque Viejo	0.11	0.14	0.83
Guanacaste	Parques Nacionales	Temprana	0.05	-	0.40
	Parques Nacionales	Media	0.02	-	0.40
	Parques Nacionales	Bosque Viejo	0.01	0.00	0.40
	Áreas Silvestres Protegidas	Temprana	0.12	0.09	0.47
	Áreas Silvestres Protegidas	Media	0.05	-	0.47
	Áreas Silvestres Protegidas	Bosque Viejo	0.04	0.07	0.47
	Bosques Privados	Temprana	0.21	0.04	0.61
	Bosques Privados	Media	0.11	0.06	0.61
	Bosques Privados	Bosque Viejo	0.07	0.09	0.61
País	Reservas Indígenas	Temprana	0.16	0.00	0.32
	Reservas Indígenas	Media	0.10	-	0.32
	Reservas Indígenas	Bosque Viejo	0.02	0.09	0.32





1

2 *Tabla 11: Dinámica de uso del suelo en cifras para el período 2000-2005, por régimen de tenencia de la tierra, para dos regiones*  
 3 *socio económicamente diferentes en Costa Rica.*

Región	Estrato	Cobertura boscosa		Uso Agropecuario en categoría Forestal		Uso Forestal en categoría Agropecuaria		Deforestación		Regeneración		Captura de Carbono		Stock de Carbono		Densidad de Carbono	Índice de renta de la tierra
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Gg CO <sub>2</sub>	%	Gg CO <sub>2</sub>	%	Gg CO <sub>2</sub> /ha	
País	Reservas Indígenas	239,016	10%	67,600	7%	24,300	4%	8,971	4%	11,054	4%	2,439	4%	85,495	11%	0.358	0.32
	Resto del país	442,041	18%	9,500	1%	1,900	0.3%		1%	4,256	1%	5,209	9%	160,308	21%	0.363	0.02
Guanacaste	Parques Nacionales y Reservas Biológicas	410,173	17%	60,600	6%		8%		8%	23,795	8%	6,734	12%	144,345	19%	0.352	0.19
	Áreas Silvestres Protegidas	718,830	29%	599,200	64%	44,500	55%	17,484	57%	127,790	43%	11,722	21%	235,840	31%	0.328	0.83
	Propiedad Privada	97,008	4%	36,000	4%	400	0.1%		1%	19,006	7%	7,116	13%	30,981	4%	0.319	0.40
	Parques Nacionales y Reservas Biológicas							2,247									
	Áreas Silvestres Protegidas	48,293	2%	11,800	1%	6,300	1%		1%	6,511	2%	3,443	6%	16,339	2%	0.338	0.47
	Propiedad Privada	509,046	21%	152,300	16%	167,300	31%	2,634	28%	99,490	34%	19,144	34%	98,004	13%	0.193	0.61
	<b>Total</b>	<b>2,464,407</b>	<b>100%</b>	<b>937,000</b>	<b>100%</b>	<b>546,000</b>	<b>100%</b>	<b>224,406</b>	<b>100%</b>	<b>288,886</b>	<b>100%</b>	<b>55,808</b>	<b>100%</b>	<b>771,313</b>	<b>100%</b>	<b>0.313</b>	

4 Fuente: Elaboración propia.

5

6



- 8 **Alix, J.** 2007. A spatial analysis of common property of deforestation. *Journal of*  
9 *Environmental Economics and Management*. 53, 2: 141-157.
- 10 **Angelsen, A., and Kaimowitz,** nking the causes of deforestation: lessons from economic  
11 models. *The World Bank Research Observer*, 14, 1: 73-98.
- 12 **Brockett, C.D., and Gottfried, R.R.** 2002. State policies and the preservation of forest cover:  
13 lessons from contrasting public-policy regimes in Costa Rica. *Latin American Research*  
14 *Review*, 37,1: 7-40.
- 15 **Camino, R., Segura, O., Arias, L.G., and Perez, I.** 2000. Costa Rica forest strategy and the  
16 evolution of land use: evaluation country case study series. The World Bank, Washington, DC.
- 17 **Ferraro, P.J.** 2001. Global habitat protection: limitations of development interventions and a  
18 role for conservation performance payments. *Conservation Biology*, 15, 4: 990-1000.
- 19 **Geist, H.J., and Lambin, E.F.** 2002. Proximate causes and underlying driving forces of  
20 tropical deforestation. *BioScience*, 52, 2: 143-150.
- 21 **Irwin, E.G., and Geoghegan, J.** 2001. Theory, data, methods: developing spatially explicit  
22 economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 7-23.
- 23 **Kishor, N. and Constantino, L.** 1993. Forest management and competing land uses: an  
24 economic analysis for Costa Rica. LATEN Dissemination Note no. 7. World Bank,  
25 Washington, DC.
- 26 **Kummer, D.M. and Turner II, B.L.** 1994. The human causes of deforestation in Southeast  
27 Asia. *Bioscience*, 44, 5: 323-328.
- 28 **Leclerc, G. and Rodríguez, J.Ch.** 1998. Using a GIS to determine critical areas in the Central  
29 Volcanic Cordillera Conservation Area. In: Savitsky, B.G., and Lacher Jr., T.E. (Editors), *GIS*  
30 *methodologies for developing conservation strategies: tropical forest recovery and wildlife*  
31 *management in Costa Rica*. Columbia University Press, pp 108-126
- 32 **Munroe, D.K., Southworth, J., and Tucker, C.M.** 2004. Modeling spatially and temporally  
33 complex land-cover change: the case of Western Honduras. *The Professional Geographer*, 56,  
34 4: 544-559.
- 35 **Nelson, G.C.** 2002. Introduction to the special issue on spatial analysis for agricultural  
36 economists. *Agricultural Economics*, 27: 197-200.
- 37 **Soto, C y Ortiz, C.** 2008. Atlas Digital de Costa Rica 2008. Instituto Tecnológico de Costa  
38 Rica. Vice-Rectoría de Investigación y Extensión. Escuela de Ingeniería Forestal.
- 39 **Tattenbach, F.; Obando, G and Rodríguez, J.Ch.** s.f. Development of econometric model  
40 for determining additionality of payments for environmental services in the Central Mountain  
41 Range Conservation Area, Costa Rica. In preparation.
- 42 **Vance, C. and Geoghegan, J.** 2002. Temporal and spatial modeling of tropical deforestation:  
43 a survival analysis linking satellite and household survey data. *Agricultural Economics*, 27: 317-  
44 332.
- 45 **Walker, R.** 2004. Theorizing land-cover and land-use change: the case of tropical  
46 deforestation. *International Regional Science Review*, 27, 3: 247-270.
- 47 **Wyels, J.G.** 2003. Common ground for farmers and forests. *Americas*, 55,2: 22-29.
- 48 **Zbinden, S., and Lee, D.R.** 2004. Paying for environmental services: an analysis of  
49 participation in Costa Rica's PES program. *World Development*, 33, 2: 255-272.

51

52

53

54

55

56

## ANEXO 1

57

Institución	Colaboración		Descripción	Capas
	SI	NO		
ICAFE	X		Compartido por José A Guzmán el 16 de oct de 2009	Cobertura de café
PRUGAM	X		Compartido por Mary Zamora el 13 de octubre del 2009	Proyecto Produz Proyecto IFA 's
MAG	X		Compartido vía Internet por Eddison Araya el 16 oct 09	Cobertura1992
CCT	X		Compartido por Vladimir Jiménez el 20 de oct del 2009	Cobertura 1960 Cobertura 1984 Cobertura 86-97
CNFL	X		Compartido por Sergio Feoli el 13 de octubre del 2009	Cuenca Aranjuez Cuenca Balsa Cuenca Virilla
IMN	X		Compartido vía Internet por AnaRita Chacon en oct 09	Cobertura 1980 Cobertura 1990 Cobertura 2000
SINAC	X		Compartido por Guillermo Jiménez el 27 de oct 2009	Cobertura 96-97
INBIO	X		Compartido por Oscar Chacon C. el 02 de nov 2009	Cobertura 2006
ITCR	X		Compartido por Edgar Ortiz el 30 de noviembre del 2009	Osa 1992 Osa 2005 Tempisque 1992 Tempisque 1997 Tempisque 2005
FUNDECOR	X		Compartido vía Internet por Johnny Rodríguez - nov 09	ACCVC 1986, ACCVC 1992, ACCVC 1996 ACCVC 2000, ACCVC 2005, Master 2005 ACTO, Master 2005 ACLA, Master

OET	X	Compartido Internet por Lopez 04 nov 09	vía Wagner	05 ACCVC. Sarapiquí 1996 La Selva 2002 RNVS Maquenque Cuenca Tempisque
FONAFIFO	X	Compartido Internet Alexandra Sáenz el 25 noviembre 09	vía por	Cobertura 1997 Cobertura 2000 Cobertura 2005

Institución	Colaboración		Descripción	Capas
	SI	NO		
UNA-ECG	X		Compartido vía Internet por Omar Barrantes 20 nov 09	Cantón Poás 2007 Cantón Siquirres
INTERNET	X		Se bajo capa de Internet, 23 nov 09	Osa 1996
IGN	X		Marta Aguilar presto mapa en papel el 13 octubre 2009	Imagen Zona Norte
CENIGA	Pendiente		Alvaro Aguilar. Coordinador técnico del CENIGA. Recibido por Alexandra Ocampo el 24 de noviembre 2009	
ICE		X	Por normativa, el aporte de información tiene que pasar por un proceso de consulta a instancias superiores, desde 06 de oct se hizo solicitud y no respondieron	
CNE		X	No poseen coberturas sobre uso de la tierra, según Sergio Sánchez Castillo	
UCR- EG		X	La escuela no trabaja en producción sistemática de cartografía de uso de la tierra, según Rafael Arce	
MUNI SC		X	Trabajan con los mapas de uso del MAG, según Carlos Rodríguez	
UNA-PROSIGTE		X	PROSIGTE como programa no han elaborado mapas de uso, según Manuel Antonio Solano	
AYA		X	La capa de uso del suelo que la institución utiliza es la generada por el MAG, según Moisés Bermúdez	
ZEE-Region Huetar Norte		X	Se hablo con Carme Rodríguez subdirectora, 2460-7100 quien refirió a Oscar López 2401-3117, 8307-7280 director información SIG, quienes trabajan con la información del MAG 1992 en uso.	
Municipalidad de San José		X	Se hablo con Mauricio Vega de catastro de la Dirección de Urbanismo 2547-6122 pero dijo que solo tienen mapa de uso propuesto y no de uso actual.	
F. Neotropica		X	Sebastian Salazar contesta que elaboraron mapas de capacidad de uso de la tierra, disponibles en bibliotecas del país	
PRODUS-UCR	Pendiente		Roger Mesen Leal, Rosendo Pujol	
EARTH	Pendiente		Wagner Rodríguez Chacon	
CATIE	Pendiente		Javier Saborío , Jeffrey Jones	
TOTAL	15	9		

59  
60

61 ANEXO 3. PARÁMETROS DE LA CAPACIDAD DE USO SEGÚN CCT-FUNDACIÓN  
 62 NEOTROPICA

63

**CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA CLASES FORESTALES**

Uso Agropecuario (incluye a las Clases I, II, III, IV, V)	<b>A</b>
Manejo de bosque natural o regeneración natural	<b>VF</b>
Reforestación o cultivos permanentes	<b>VI</b>
Manejo de bosque natural o regeneración natural	<b>VII</b>
Protección absoluta	<b>VIII</b>

64

Parámetro	Factores de parámetros	Símbolo	Categoría
EROSION	Pendiente	1	0 < 3%
		2	3 < 8%
		3	8 < 15%
		4	15 < 30%
		5	30 < 50%
		6	50 < 75%
		7	> 75%
		e	Moderado severa - muy severa
SUELO	Profundidad efectiva	p	Superficial
	Textura	t	Finas - muy finas
	Pedregosidad	pi	Alta - abundante
	Fertilidad	f	Baja
	Toxicidad	s5	Alta
	Salinidad	s6	Alta
DRENAJE	Drenaje	d	Excesivo Muy lento
	Riesgo de inundación	r	Muy Severo
CLIMA	Zonas de vida	zv	Pluviales - paramos
	Periodo seco	s	Moderado - fuerte
	Neblina	n	Moderado - fuerte
	Viento	v	Moderado - fuerte

65





ANEXO 4: MATRICES DE CAMBIO DE USO DEL SUELO

Table 12: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en los Parques Nacionales y Reservas Biológicas ubicadas fuera de Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	
Otro Uso	6,608	60.83%	4,256	39.17%					10,865
Regeneración Temprana	500	3.39%			14,247	96.61%			14,747
Regeneración Tardía	582	1.17%					49,267	98.83%	49,849
Bosque de Viejo Crecimiento	1,001	0.27%					374,271	99.73%	375,272
Total Uso 2000	8,691	1.93%	4,256	0.94%	14,247	3.16%	423,538	93.97%	450,732

Table 13: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en las Áreas Silvestres Protegidas ubicadas fuera de Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	
Otro Uso	73,825	75.62%	23,795	24.38%					97,620
Regeneración Temprana	4,652	12.18%			33,540	87.82%			38,192
Regeneración Tardía	3,960	6.30%					58,926	93.70%	62,887
Bosque de Viejo Crecimiento	8,872	2.93%					293,911	97.07%	302,783
Total Uso 2000	91,309	18.21%	23,795	4.75%	33,540	6.69%	352,838	70.36%	501,482



Table 14: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en las Reservas Indígenas, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	
Otro Uso	96,345	89.71%	11,054	10.29%					107,398
Regeneración Temprana	1,405	15.57%			7,618	84.43%			9,023
Regeneración Tardía	2,944	9.53%					27,964	90.47%	30,908
Bosque de Viejo Crecimiento	4,621	2.35%					192,380	97.65%	197,002
Total Uso 2000		30.59%	11,054	3.21%	7,618	2.21%	220,345	63.99%	344,331
	105,315								

Table 15: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en los Bosques de Propiedad Privada fuera de Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	Área	Coefficiente	
Otro Uso	1,679,313	93.08%	124,773	6.92%					1,804,085
Regeneración Temprana	54,838	29.97%			128,127	70.03%			182,965
Regeneración Tardía	33,149	17.76%					153,484	82.24%	186,633
Bosque de Viejo Crecimiento	39,803	11.30%					312,447	88.70%	352,250

---

Total Uso 2000	1,807,103	71.54%	124,773	4.94%	128,127	5.07%	465,931	18.45%	2,525,933
----------------	-----------	--------	---------	-------	---------	-------	---------	--------	-----------

---

Table 16: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en los Parques Nacionales y Reservas Biológicas ubicadas en Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	
Otro Uso	36,432	65.72%	19,006	34.28%					55,438
Regeneración Temprana	1,384	5.48%			23,862	94.52%			25,246
Regeneración Tardía	520	2.06%					24,783	97.94%	25,303
Bosque de Viejo Crecimiento	342	1.15%					29,357	98.85%	29,699
<b>Total Uso 2000</b>	<b>38,678</b>	<b>28.51%</b>	<b>19,006</b>	<b>14.01%</b>	<b>23,862</b>	<b>17.59%</b>	<b>54,140</b>	<b>39.90%</b>	<b>135,687</b>

Table 17: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en las Áreas Silvestres Protegidas ubicadas en Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	
Otro Uso	16,964	72.26%	6,511	27.74%					23,476
Regeneración Temprana	777	11.91%			5,745	88.09%			6,521
Regeneración Tardía	1,557	5.22%					28,288	94.78%	29,846
Bosque de Viejo Crecimiento	300	3.73%					7,749	96.27%	8,049
<b>Total Uso 2000</b>	<b>19,598</b>	<b>28.87%</b>	<b>6,511</b>	<b>9.59%</b>	<b>5,745</b>	<b>8.46%</b>	<b>36,037</b>	<b>53.08%</b>	<b>67,891</b>

Table 18: Cambio de uso del suelo y edad del bosque regenerado durante el periodo 2000-2005 en los Bosques de Propiedad Privada en Guanacaste, Costa Rica.

	Otro Uso		Regeneración Temprana		Regeneración Media		Bosque de Viejo Crecimiento y Regeneración Tardía		Total Uso 2005
	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	Área	Coeficiente	
Otro Uso	512,276	83.74%	99,490	16.26%					611,766
Regeneración Temprana	30,190	20.59%			116,462	79.41%			146,651
Regeneración Tardía	28,405	10.85%					233,354	89.15%	261,760
Bosque de Viejo Crecimiento	4,603	7.15%					59,739	92.85%	64,342
Total Uso 2000	575,474	53.06%	99,490	9.17%	116,462	10.74%	293,094	27.03%	1,084,520

**ANEXO 5: RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRECIÓN MULTIPLE  
DEFORETACIÓN, RENTA DE LA TIERRA Y PSA.**

**Resultados del análisis de regresión lineal para fundamentar la relación entre la deforestación y la renta de la tierra:**

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Deforestación	21	0.75	0.74	3.9E-03	-57.13	-55.04

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente		Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
Índice Renta de la Tierra		0.21	0.03	0.15	0.26	7.85	<0.0001	58.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.21	1	0.21	61.59	<0.0001
Índice Renta de la Tierra	0.21	1	0.21	61.59	<0.0001
Error	0.07	20	3.3E-03		
Total	0.27	21			

**Resultados del análisis de regresión lineal para fundamentar la relación entre la deforestación, la renta de la tierra y el pago por servicios ambientales:**

En este análisis se excluyeron los Parques Nacionales dentro y fuera de Guanacaste, así como las Áreas Silvestres Protegidas fuera de Guanacaste.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Defo	10	0.92	0.91	3.5E-03	-28.87	-27.96

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coeficiente		Est.	E.E.	LI(95%) (%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
Índice Renta de la Tierra		0.40	0.06	0.27	0.54	7.02	0.0001	44.89
PSA		-1.55	0.45	-2.59	-0.51	-3.43	0.0089	11.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.22	2	0.11	49.07	<0.0001

Índice	Renta	de	la	0.11	1	0.11	49.26	0.0001
Tierra								
PSA				0.03	1	0.03	11.79	0.0089
Error				0.02	8	2.2E-03		
Total				0.24	10			