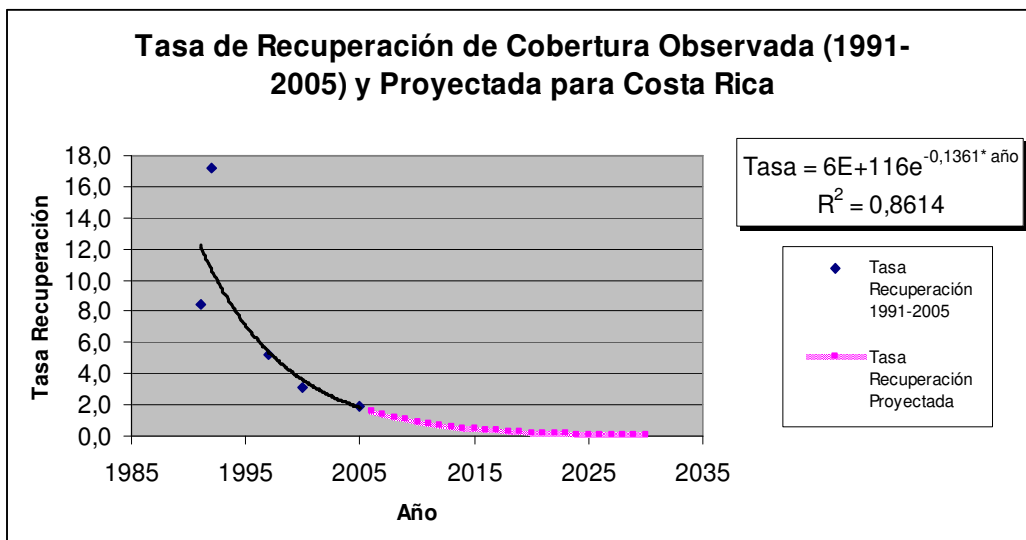


## CONSULTORÍA:

### ELABORACION 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

## INFORME FINAL

PREPARADO POR: DR. EDGAR ORTIZ MALAVASI



6 de Abril 2010

## Tabla de Contenidos

Componente 3: Preparación del Escenario de Referencia.....	4
3.1 Introducción.....	4
3.2 Legislación, Políticas y Programas para controlar deforestación en Costa Rica.....	5
3.2.1 Áreas Silvestres Protegidas en Costa Rica .....	6
3.2.1.2 Otros Mecanismos de Conservación en Costa Rica .....	9
3.2.2 Evolución de leyes en el Sector Forestal .....	10
3.2.2.1 Ley Forestal 7575 .....	12
3.2.2.2 Programa de Pagos por Servicios Ambientales .....	15
3.2.2.3 Avances del Programa a la fecha.....	19
3.2.3 Ley Indígena 6172 .....	20
3.2.4 Ley de Uso, Manejo y Conservación de suelos No. 7779 .....	21
3.2.4.1 Proyecto Gestión Integral del territorio en Costa Rica.....	23
3.2.5 Conclusiones.....	23
3.3 Deforestación en Costa Rica.....	25
3.3.1 Periodo Anterior a 1985 .....	25
3.3.2 Periodo posterior a 1985.....	26
3.3.3 Tasa de deforestación en Áreas Silvestres Protegidas (ASP).....	31
3.3.4 Causas de la Deforestación en Costa Rica.....	32
3.3.5 Conclusiones.....	37
3.4 Densidades de Carbono .....	40
3.4.1 Valores de Fracción de Carbono disponibles para Costa Rica.....	42
3.4.2 Revisión de datos de biomasa por tipo de bosque disponibles para ecosistemas de Costa Rica.....	43
3.4.2.1 Datos de biomasa para bosques primarios en el PAP.....	43
3.4.2.2 Datos de biomasa para bosques secundarios .....	44
3.5 Evaluación de opciones .....	46
3.5.1 Basado en tendencia histórica de los stocks de carbono .....	48
3.5.2 Calculando el “stocks” de carbono a un año de referencia.....	52
3.5.3 Escenario de Referencia Basado en Escenarios de desarrollo.....	58
3.6 Evaluación de capacidades por opción.....	60
3.7 Datos adicionales y capacidades .....	61
3.7.1 Disponibilidad de asistencia técnica.....	62
3.7.2 Colaboración con organizaciones locales e internacionales .....	62
3.7.3 Beneficios de preparar escenario de referencia sub-nacionales .....	62
3.7.4 Escenario de referencia regional.....	63
3.8 Presupuesto.....	63
Componente 4: Diseño de un Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación.....	64
4.1 Introducción.....	64
4.2 Monitoreo y cálculo de Reducción de Emisiones (estimaciones ex - post) .....	64
4.2.1 Opciones del monitoreo de los cambios en el “stock” de carbono.....	65
(Carbon Stock Change Method).....	65
4.2.2 Intensidades de biomasa por tipo de bosque. ....	69
4.3 Monitoreo del escenario de referencia (línea base).....	72
4.4 Monitoreo de Fugas (Leakage).....	72

4.5 Monitoreo de la implementación de la estrategia REDD .....	72
4.6 Monitoreo de impactos ambientales y sociales .....	74
4.7 Informes y verificación de las reducciones de emisiones.....	75
4.8 Evaluación de Capacidades locales .....	77
4.8.1 Inventario Forestal Nacional .....	77
4.8.2 Red de Parcelas Permanentes .....	78
4.9 Organización y responsables .....	79
4.10 Programa de Implementación del MRV .....	80
4.11 Presupuesto .....	81
4.12 Bibliografía.....	83
ANEXO 1 .....	88

## Componente 3: Preparación del Escenario de Referencia

### 3.1 Introducción

Se define como escenario de referencia o línea base a la tasa de emisiones de CO<sub>2</sub>e (t CO<sub>2</sub>e/año) debidos a deforestación y degradación de bosques<sup>1</sup> en ausencia de acciones para reducir estas emisiones, es decir actividades REDD. Por otro lado, el escenario de referencia también se puede definir como el stock de CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>-e) que el país tendría, a un año de referencia dado estratégicamente escogido.

El escenario base del país es sin embargo más complejo, ya que el país adoptó actividades tipo REDD desde 1984, razón por la cual hay que definir si estas actividades se incluyen o no como parte del escenario de referencia. Si se decide no incluir estas políticas e incentivos en el escenario de referencia, el país podría reclamar más reducciones de emisiones, recuperar parte del costo de implementar estas actividades actualmente, pero habrá que definir la efectividad real de las mismas, lo cual ha sido estudiado por Ortiz et al. (2003), Pfaff et al. (2008), y Arriagada (2008) estudios que en general indican que la efectividad real es inferior al 27%.

Una vez estimado el escenario de referencia es posible calcular los créditos de carbono derivados de la adopción o mejora de las actividades para reducir la deforestación y degradación de bosques, y para conservar, manejar sosteniblemente e incrementar la densidad de carbón de los bosques (actividades REDD). Esto se hace al comparar (restar) las emisiones esperadas de línea base, con las medidas cuando se implementan actividades REDD. Por ejemplo, si para el año 2012 las emisiones esperadas de línea base son 50 millones de t CO<sub>2</sub>, y si las medidas bajo la adopción de actividades REDD es de 25 millones t CO<sub>2</sub>, los créditos de emisiones generados para ese año son de 25 millones t CO<sub>2</sub>. Este mismo resultado se puede obtener si se resta a las existencias de CO<sub>2</sub> para el 2012 las existencias del escenario de referencia, por ejemplo las existencias de CO<sub>2</sub> al 2005.

En la formulación de proyectos de carbono se debe distinguir entre cálculos ex-ante y cálculos ex-post. Los cálculos ex-ante se hacen antes de iniciar el proyecto, y sirven para obtener datos para analizar el impacto ambiental del proyecto así como analizar su viabilidad financiera. Los cálculos ex-post se hacen con datos reales durante la ejecución del proyecto, y por lo tanto miden la eficiencia del proyecto. Para estimar ex ante las emisiones o las existencias de carbono en el escenario de referencia se requiere de tres tipos de datos:

---

<sup>1</sup> Se usa el término bosque según lo define la Ley Forestal 7575. Bosque es: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP) .

1) el área observada por cada tipo de bosque (a. tenencia de la tierra, b. tipo ecosistema, c. estado de desarrollo -no intervenido, intervenido, temprano, medio tardío-, y d. capacidad de uso,

2) la tasa de deforestación estimada en ausencia de las nuevas actividades REDD por tipo de bosque, y

3) la densidad de carbono para cada uno de estos tipos de bosque. El conocer la densidad de carbono por tipo de bosque, implica a su vez conocer la biomasa inicial (t bs/ha), tasa de acumulación de biomasa esperada (t bs/ha/año) de ese tipo de bosque considerando los sumideros (“*carbon pools*”) seleccionados, y una fracción de carbono por tipo de bosque o general.

Existen diferentes metodologías de evaluación para cada uno de estos tipos de datos, y su selección afecta en gran manera la cantidad de créditos de carbón (CERs en t CO<sub>2</sub>e) que se generan a partir de la adopción de actividades REDD. En esta sección se analizan las diferentes opciones que existen para estimar la línea base para la Estrategia REDD que adoptará el país en el marco del Carbon Forestry Partnership Facility (CFPF), se propone una metodología, y se dan los lineamientos necesarios para su implementación.

### **3.2 Legislación, Políticas y Programas para controlar deforestación en Costa Rica**

Las leyes ambientales para controlar deforestación, promover el uso adecuado del suelo y el ordenamiento territorial en Costa Rica son muy variadas, y han evolucionado progresivamente hasta conformar un cuerpo de legislación, políticas y actividades que han permitido controlar la deforestación en Costa Rica. El marco general para el desarrollo de estas leyes se fundamenta en el Artículo 50 de la Constitución Política el cual establece que:

“El Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado. El Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho. La ley determinará las responsabilidades y las sanciones correspondientes”.

Esta norma constitucional da cabida a otras leyes ambientales, de las cuales se debe rescatar debido al impacto directo en el uso adecuado del territorio y por ende en el control de la deforestación a las siguientes leyes:

- a) Ley Orgánica del Ambiente (1995)
- b) Ley de Biodiversidad N° 7788 de Costa Rica (1998)
- c) Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 (1992)
- d) Ley Indígena N° 6172 (1977)
- d) Ley Forestal 7575 (1995), y
- e) Ley de Conservación y uso del suelo N° 7779 (1998)

### 3.2.1 Áreas Silvestres Protegidas<sup>2</sup> en Costa Rica

Costa Rica tiene una extensión de 51.100 km<sup>2</sup>, equivalente al 0.001% de la superficie del planeta; pero cuenta con unas 500.000 especies, es decir el 5% de todos los seres vivos del mundo. La inmensa riqueza biológica de Costa Rica se encuentra principalmente en sus bosques primarios húmedos, secos y nubosos que todavía cubren aproximadamente cerca el 32% del país. Muchos de estos bosques se encuentran protegidos por el Estado costarricense como parques nacionales y reservas biológicas. No obstante un gran porcentaje de los bosques primarios pertenece a propietarios privados quienes han dedicado sus tierras como reservas naturales privadas. No se sabe concretamente cuanto de la cobertura forestal pertenece a bosque secundarios, pero Calvo (2008) haciendo uso de datos Guanacaste estima que al menos un 60% de la cobertura forestal del país corresponde a bosques tardíos o primarios, por lo que un 21% de la cobertura forestal del país podría ser de bosques secundarios tempranos e intermedios.

Actualmente se cuenta con 11 áreas de conservación, dentro de las cuales se administran 160 áreas protegidas bajo diferentes categorías de manejo, además de una red de reservas privadas las cuales colaboran con el trabajo de conservación. Las áreas silvestres protegidas de Costa Rica constituyen un subsistema dentro del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Este último, a su vez, es una de las direcciones administrativas que conforman el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Un Área de Conservación son según el artículo 28 ley de Biodiversidad N° 7788:

...es una unidad territorial del país, delimitada administrativamente, regida por una misma estrategia de desarrollo y administración, debidamente coordinada con el resto del sector público. En cada uno se interrelacionan actividades tanto privadas como estatales en materia de conservación sin menoscabo de las áreas protegidas. Las Áreas de Conservación se encargarán de aplicar la legislación vigente en materia de recursos naturales, dentro de su demarcación geográfica. Deberán ejecutar las políticas, las estrategias y los programas aprobados por el Consejo Nacional de Áreas de Conservación, en materia de áreas protegidas; asimismo, tendrá a su cargo la aplicación de otras leyes que rigen su materia, tales como la Ley de conservación de la vida silvestre, No. 7317, de 30 de octubre de 1992, y la Ley Forestal, No. 7575, de 13 de febrero de 1996, Ley Orgánica, No. 7554, de 4 de octubre de 1995, y la Ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales, No. 6084, de 24 de agosto de 1977.”

La Ley de Biodiversidad N° 7788 de Costa Rica creó el SINAC como una institución con personería jurídica propia y lo definió como un sistema de gestión y coordinación institucional, desconcentrado y participativo, que integra las competencias en las materias forestal, vida silvestre y áreas protegidas. Tiene como fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica.

---

<sup>2</sup> Según lo define la Ley Forestal 7575, un Área silvestre protegida es: Espacio, cualquiera que sea su categoría de manejo, estructurado por el Poder Ejecutivo para conservarlo y protegerlo, tomando en consideración sus parámetros geográficos, bióticos, sociales y económicos que justifiquen el interés público



Foto 1. Biodiversidad en las ASP y Reservas Privadas en Costa Rica

Hoy día Costa Rica cuenta con un total de 10 Áreas de Conservación, y dentro de estas se ubican 160 áreas silvestres protegidas declaradas por el Estado, que representan el 26,1 % del territorio nacional. De estas, la mayoría (41 %) son refugios nacionales de vida silvestre, seguidas por las zonas protectoras (20 %) y los parques nacionales (17 %). Las categorías áreas silvestres protegidas menos frecuentes en el país son monumento nacional y monumento natural (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Número y extensión de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica  
(según datos del 2006)

Categoría	Nº ASP	Nº ha Continental Protegida	% Superficie Continental <sup>3</sup>	Nº Ha Marinas Proteg.	Porcentaje Área Marina <sup>4</sup>	Superficie Total Protegida (ha)	% Área Total (81.408 Km <sup>2</sup> )*
Reserva Biológica	27	625.531	12,24%	475.620	15,69%	1.101.151	13,53%
Parque Nacional	8	22.032	0,43%	5.207	0,17%	27.239	0,33%
Refugios Nacionales de Vida S.	67	243.236	4,76%	18.425	0,61%	261.661	3,21%
Zonas Protectoras	31	153.506	3,00%	0	0%	153.506	1,89%
Reservas Forestales	9	221.239	4,33%	0	0%	221.239	2,71%
Humedales (incluye Manglares)	13	66.388	1,30%	0	0%	66.388	0,82%
Otras Categorías							
(Reservas Naturales, Monumento Nacional)	5	7.843	0,15%	1.612	0,05%	9.455	0,12%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>1.339.775</b>	<b>26,21%</b>	<b>500.864</b>	<b>16,52%</b>	<b>1.840.639</b>	<b>22,61%</b>

Fuente: Gerencia de Planificación SINAC, 2006. <http://www.sinac.go.cr/infgeneral.php>

<sup>3</sup> Área continental de Costa Rica igual a 51.100Km<sup>2</sup>

<sup>4</sup> La "Superficie marina nacional" corresponde a las aguas interiores y las aguas territoriales; no incluyen la totalidad de la zona económica exclusiva costarricense.



**Cuadro 2. Clasificación de las Áreas Silvestres Protegidas del SINAC en el 2008 según tipo de Conservación.**

Tipo de Conservación	Área (ha)	Porcentaje Territorio Total	Categoría en tipo SINAC
Permanente	1.194.103	14,7	Parques Nacional Reservas de Vida Silvestre Reserva Biológicas Reserva Natural Absoluta
Temporal	7290	0,09	Reservas Vida Silvestre
Parcial	627.481	7,7	Reserva de Vida Silvestre Humedal Zona Protectora
Total	1.828.874	22.5	

Fuente: Capa de datos de ASP. SIG-SINAC (2008) disponible en Atlas CR 2008

Los refugios nacionales de vida silvestre puede ser de tres tipos: de dominio público, privado o mixto. Es decir el sistema incluye áreas de propiedad privada que están bajo conservación. Estas áreas si bien están dentro del sistema son manejadas independiente por sus propietarios privados, pero reciben los beneficios de protección establecidos en la Ley Forestal 7575 y la Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317, incluyendo la posibilidad de participar en el Programa de Pagos por Servicios Ambientales. Para distinguir entre los diferentes tipos de Protección el SINAC clasifica las áreas protegidas en tres clases (ver cuadro 2):

- 1) Protección permanente
- 2) Protección Parcial
- 3) Temporal

### **3.2.1.2 Otros Mecanismos de Conservación en Costa Rica**

#### **Corredores Biológicos Terrestres y Marinos**

Los corredores biológicos marinos o terrestres son áreas geográficas de uso múltiple cuya función principal es interconectar las áreas silvestres protegidas para posibilitar tanto la migración como la dispersión de especies de flora y fauna silvestre, y en esta forma asegurar la conservación de las mismas.

Las características del corredor (ubicación, dimensión, actividades de manejo agroforestales, ganaderas u otras) se determinan luego de la identificación de las especies que se espera que lo utilicen. El FONAFIFO y SINAC, desde el año 2000 han definido a estos corredores biológicos como una de las prioritarias para la inversión del PSA-Protección (ver sección 3.2.2). En el SINAC se reconocen y se impulsan un total de 37 corredores biológicos terrestres, generalmente de propiedad privada, que cubren un área total de 1 752 133 ha que equivalen al 34.4% de la superficie continental nacional. Además existen otras 18 iniciativas de conectividad (cerca del 2,7% de la superficie continental nacional) que se mantienen aún a nivel de propuesta.

### **Reservas Naturales Privadas**

Las Reservas Naturales Privadas se definen como cualquier inmueble que comprenda, áreas naturales y cuyo dueño preserve o aproveche sosteniblemente estas áreas y asegure su conservación. Las áreas naturales abarcan: bosques primarios, bosques secundarios, bosques naturales en manejo sostenible, bosques sembrados exclusivamente con especies autóctonas con el fin de aumentar la biodiversidad, páramos, humedales (incluyendo manglares, lagunas, ríos, costas marítimas y estuarios). No se Consideran áreas naturales los terrenos agrícolas, potreros no naturales, plantaciones forestales con fines de aprovechamiento, ni plantaciones frutales.

La Red Costarricense de Reservas Naturales Privadas<sup>5</sup> fue establecida como una iniciativa para aglutinar en una sola asociación, sin fines de lucro, un importante número de reservas privadas. Estas se habían venido estableciendo en Costa Rica desde hace varias décadas, sin contar con una organización que trabajara por su objetivo común de conservar sus áreas silvestres. En 1995, se llenó esta necesidad, y ahora la Red cuenta con más de 140 reservas privadas afiliadas. En conjunto protegen una superficie superior a las 100.000 ha de territorio; la mayoría de las cuales son bosques primarios.

### **3.2.2 Evolución de leyes en el Sector Forestal**

Los esfuerzos por proteger y reestablecer la cobertura forestal del país se iniciaron en 1969 con la promulgación de la Ley Forestal 4465. Con esta ley se creó un sistema para descontar los gastos de reforestación del impuesto de la renta. En este sistema las empresas y personas que pagaban impuesto sobre la renta podían deducir del monto del impuesto a pagar todos los gastos hechos en proyectos de reforestación. Sin embargo, este sistema se comenzó a aplicar efectivamente hasta 1979, y se estima que bajo este mecanismo se logró reforestar un total de 35600 ha (De Camino et. al., 1999). Los mismos autores indican que: *"...Por lo general, los propietarios de bosques y terrenos aptos para reforestación no tenían acceso a este incentivo, por que no pagaban impuestos"*, por lo que sólo empresas o personas que pagan impuesto de la renta utilizaron este sistema.

---

<sup>5</sup> Muchas de estas reservas privadas están incorporadas a la Red Costarricense de Reservas Naturales Privadas (<http://www.reservasprivadascr.org>)

El sistema de Deducción sobre Impuesto de la Renta para reforestación, fue modificado con la Ley Forestal 7032 de 1986, y fue sustituido por los Certificados de Abono Forestal (CAF). Con este sistema, el Estado emitía certificados a quien demostrara ante la Administración Forestal del Estado (Dirección General Forestal), que había hecho inversiones en proyectos de reforestación. Estos certificados podían negociarse en la Bolsa Nacional de Valores, y podían utilizarse para cancelar cualquier tipo de impuestos establecidos por el Estado o sus Instituciones. Este mecanismo permitía que los incentivos para reforestación fueran utilizados por una gama más amplia de propietarios de tierra y empresas, creando así mayores oportunidades de participación de la sociedad civil. Dado que la Ley 7032 establecía un Consejo Forestal Nacional con participación del sector privado (empresa y organizaciones forestales), y que los montos del CAF debían establecerse todos los años, el sector forestal nacional se organizaba para participar en las negociaciones anuales.

La Ley Forestal 7032 de 1986, también estableció un incentivo indirecto para la reforestación y, a la vez, alternativo al CAF. Este fue conocido como “El Artículo 87” y, en virtud de éste, a las empresas nacionales y extranjeras se les eximía de pago de impuestos nacionales a insumos de capital y de importación de bienes cuando se demostraba que estos eran requeridos en proyectos de reforestación. Se estima que bajo este tipo de incentivo indirecto, se logró reforestar cerca de 16.000 ha (De Camino et al, 1999).

Con la Ley Forestal 7134 de 1990, los CAF para reforestación se ampliaron. Se crearon el Certificado de Abono Forestal por Adelantado (CAFA) y el Certificado de Abono Forestal para Manejo (CAFMA). El primero permitía recibir fondos para reforestación antes de establecer la plantación, es decir, por adelantado. Éste estaba dirigido a pequeños reforestadores que no contaban con recursos para cubrir estos costos. Uno de los requisitos para acceder este tipo de incentivos era que los agricultores debían estar necesariamente asociados a una organización legalmente reconocida y con personería jurídica. El CAFMA estaba dirigido a promover el manejo de bosque natural, y éste cubría los costos adicionales en que se incurría al someter un bosque a manejo forestal tecnificado, lo cual implica la preparación de un Plan de Manejo, la preparación y ejecución de un plan de aprovechamiento mejorado de bajo impacto, y la planificación y ejecución de tratamientos silviculturales de post-cosecha.

La Ley Forestal 7134 y su reglamento, permitía que organizaciones forestales locales (asociaciones forestales, centros agrícolas cantonales, fundaciones, etc.), pudieran elaborar y presentar ante la AFE, proyectos de reforestación grupales, lo que permitió que los pequeños y medianos agricultores tuvieran mayor acceso a los incentivos forestales. Al ampliarse la participación del sector privado, tanto en la Ley Forestal 7032, como en la 7134, en el periodo de 1984 a 1995 se gestaron gran número de organizaciones forestales en el país, tales como: la Cámara Nacional Forestal (CANEFOR) en 1985, la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA) en 1984, AGUADEFOR en 1989, la Junta Nacional Forestal Campesina (JUNAFORCA) en 1991, la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) en 1991, la Cámara Costarricense Forestal (CCF) en 1994, Asociación de Industriales y Reforestadores de la Región Atlántica (ASIREA) en 1990, etc.

En 1995, el esquema de certificados se extendió aún más, y se estableció el Certificado de Protección del Forestal, que se denominó CAFMA-2000. El mismo estaba dirigido a dueños de bosque interesados en dedicarse a la conservación de bosques naturales. Con este nuevo tipo de certificado, se pudo cubrir todo el ámbito de actividades de producción forestal, a saber: reforestación; manejo de bosque natural; y protección de bosques. A la vez, permitió promover las actividades forestales para todos los diferentes tipos de propietarios de tierra y tipos de bosque (De Camino et al, 1999).

En el mismo periodo (1986-1995), el país dispuso de recursos adicionales para apoyar las actividades de reforestación a través de pequeños productores organizados. Con fondos de la cooperación internacional de Holanda, Suecia, y Finlandia, y bajo la modalidad de Canje de Deuda Externa por Naturaleza, se creó el Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) para financiar reforestación en áreas inferiores a 10 ha. Asimismo, con fondos de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (AID-EE.UU.), y junto con los destinados por el Estado, se creó el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y se asignaron fondos para financiar, bajo la modalidad de crédito, proyectos relacionados con la actividad forestal.

**Cuadro 3. Impacto de los incentivos forestales en Costa Rica.  
Periodo Pre-PSA (1979-1997)**

<b>Tipo de Incentivo</b>	<b>Área (ha)</b>
Deducción de Impuesto de la Renta	35.597
Certificado de Abono Forestal (CAF)	38.086
Certificado de Abono Forestal Adelantado (CAFA)	33.818
Certificado de Abono Forestal para Manejo de Bosques (CAFMA)	22.120
Fondo de Desarrollo Forestal-Pequeños Propietarios (FDF)	12.789
Créditos en FONAFIFO	2.800
CAFMA-2000	22.199
Ley Forestal 7032, Artículo 87	16.072
<b>Total</b>	<b>173.471</b>

Fuente: FONAFIFO, 1998.

### **3.2.2.1 Ley Forestal 7575**

Ley Forestal 7575 del 16 de abril de 1996 revolucionó el sector forestal productivo y de conservación de Costa Rica. Esta Ley establece que es:

**“... función esencial y prioritaria del Estado, velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables.”**

Los principios fundamentales establecidos en la ley con respecto al uso de suelo, conservación de bosques y control de la deforestación son ocho:

**1. No se permitirá cambiar el uso del suelo** en terrenos cubiertos de bosque, ni establecer plantaciones forestales, salvo en casos especiales tipificados en la misma ley.

**2. Crea la condición inembargable e inalienable del patrimonio natural del Estado**, de forma que los terrenos forestales y bosques que constituyen este patrimonio natural son inembargables e inalienables; y su posesión por los particulares no causará derecho alguno a su favor y la acción reivindicatoria del Estado por estos terrenos es imprescriptible. En consecuencia, no pueden inscribirse en el Registro Público mediante información posesoria y tanto la invasión como la ocupación de ellos serán sancionadas conforme a lo dispuesto en esta ley.

**3. Define el concepto de Servicios Ambientales:** como los que brindan el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente. Son los siguientes: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de la biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

**4. Autoriza los desalojos de** quienes invadan inmuebles sometidos voluntariamente al régimen forestal o dedicados a la actividad forestal, a solicitud del titular del inmueble o su representante y, previa prueba del sometimiento voluntario del inmueble al régimen forestal. Las autoridades de policía dispondrán de un plazo máximo de cinco días para ejecutar el desalojo y presentar las denuncias ante los tribunales competentes.

**5. Establece un sistema de incentivos** para la conservación del bosque con el propósito de retribuir, al propietario o poseedor, por los servicios ambientales generados al conservar su bosque. Se designa al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) con ente que confeccionará, expedirá y suscribirá anualmente estos certificados, cuyos beneficiarios serán determinados por el Ministerio del Ambiente y Energía.

**6. Crea el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)**, y le da entre otras funciones la responsabilidad de implementar el Programa de Pago por Servicios Ambientales, y fomentar el desarrollo forestal del país.

**7. Crea el mecanismo de financiamiento del Programa de Pagos por Servicios Ambientales** de forma que de los montos recaudados por el impuesto selectivo de

consumo de los combustibles y otros hidrocarburos, anualmente se destinará actualmente un 3.5% a los programas de compensación a los propietarios de bosques y plantaciones forestales, por los servicios ambientales de mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero y por la protección y el desarrollo de la biodiversidad, que generan las actividades de protección, conservación y manejo de bosques naturales y plantaciones forestales.

#### **8. Establece penas de prisión a quien:**

- a) Invada un área de conservación o protección, cualquiera que sea su categoría de manejo, u otras áreas de bosques o terrenos sometidos al régimen forestal, cualquiera que sea el área ocupada; independientemente de que se trate de terrenos privados del
- b) Estado u otros organismos de la Administración Pública o de terrenos de dominio particular.
- c) Aproveche los recursos forestales en terrenos del patrimonio natural del Estado y en las áreas de protección para fines diferentes de los establecidos en esta ley.
- d) No respete las vedas forestales declaradas.
- e) Aproveche uno o varios productos forestales en propiedad privada, sin el permiso de la Administración Forestal del Estado, o a quien, aunque cuente con el permiso, no se ajuste a lo autorizado.
- f) Adquiera o procese productos forestales sin cumplir con los requisitos establecidos en esta ley.
- g) Realice actividades que impliquen cambio en el uso de la tierra, en contra de lo estipulado en el artículo 19 de esta ley. En los casos anteriores, los productos serán decomisados y puestos a la orden de la autoridad judicial competente.
- h) Sustraiga productos forestales de una propiedad privada o del Estado o transporte productos forestales obtenidos en la misma forma.

### 3.2.2.2 Programa de Pagos por Servicios Ambientales

Con la Ley Forestal 7575 del 16 de abril de 1996, el sistema de Certificados de Abono Forestal (CAF, CAFA, CAFMA, y CAFMA-2000), evolucionó a un esquema de Pagos Por Servicios Ambientales (PSA). Se definen como servicios ambientales<sup>6</sup> a las funciones reguladoras sobre los ciclos de materia y de transformación de la energía que realizan los ecosistemas naturales y agro-sistemas, y que inciden en el mejoramiento del medio ambiente y en la calidad de vida de la población. Ortiz (2002) hizo una descripción detallada del funcionamiento del sistema de pagos por servicios ambientales que se aplica en Costa Rica.

Actualmente, el sistema de pagos por servicios ambientales se financia con un 3,5% del impuesto fijo establecido para al consumo de combustibles, más los contratos de Pago de Servicios Ambientales que el FONAFIFO ha establecido tanto con empresas locales como organismos internacionales, incluyendo los recursos complementarios de los Proyectos Ecomercados I y II (Ortiz, 2002). Dado que el programa de PSA se creó con financiamiento mediante un impuesto al consumo de combustibles fósiles, y que uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales identificados en la ley es la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, se podría afirmar que en el sistema de financiamiento del sistema se incorporó el principio de que "el que contamina paga". Sin embargo, tal como se plantea más adelante, el sistema más bien se basa en un nuevo principio. De Camino et al. (1999) establecen que el PSA se introdujo por seis razones:

1- El Programa de Ajuste Estructural (PAE) firmado con el Fondo Monetario Internacional, que contemplaba que todo tipo de subsidios otorgados por el Estado (los CAFs, CAFAs, CAFMAs, y CAFMA-2000), debían eliminarse progresivamente.

2- La meta de desarrollar el PSA, no era sólo aliviar la carga sobre el presupuesto nacional, sino que también era la de traspasar la carga del pago de los servicios ambientales a quien se beneficia. Los autores indican que el principio aplicado fue "*el que contamina paga*", sin embargo, Ortiz y Kellenberg (2002) sostienen que en realidad se trata de un nuevo principio: "*Cobrar los servicios ambientales a quienes se benefician de ellos, y pagarlos a quienes los producen*".

3- Los subsidios perpetuaban la imagen de que el sector forestal costarricense era un sector suprimido, esto es, una actividad siempre deficitaria, que depende de subsidios estatales dudosos e irregulares.

4- Los subsidios estaban dirigidos inicialmente sólo a la producción de madera, ignorando el valor de otros servicios de los ecosistemas forestales que estaban siendo en muchos casos más importantes que la obtención de madera.

---

<sup>6</sup> **Servicios ambientales:** Ecosistemas como los bosques, los humedales, los páramos o los manglares, proveen servicios esenciales que contribuyen a las actividades productivas de la población más pobre, tanto urbana como rural, mediante la generación de agua, el reciclaje de nutrientes, la recuperación de la fertilidad de los suelos, la prevención de la erosión, entre otros procesos. Estos servicios, que son públicos ya que todos los reciben, son valores indirectos que habitualmente no se contabilizan en los mercados pero que resultan vitales para la humanidad (SINAC, 2009).

5- Los análisis de Kishor y Constantino (1993) demostraban que los propietarios privados de bosques debían recibir un pago por los servicios ambientales que prestaban sus bosques a las comunidades locales y la comunidad global. De lo contrario, éstos tenderían a cortar los bosques naturales y dedicar esas tierras a otros usos. Chomitz et al. (1998), señalan que los estudios mostraban que los propietarios de la tierra toman la decisión de hacer cambio de uso de la tierra, sin tomar en cuenta el valor de servicios ambientales de los bosques. Que, simplemente, estos beneficios externos no estaban siendo valorados, tanto en el nivel local como en el internacional.

6- Los PSA debían asignar un valor monetario a los servicios ambientales, como un medio para hacer que las actividades de producción forestal pudieran competir con usos alternativos de la tierra. *“Los pagos deberían tener un efecto positivo sobre el manejo forestal; cuando un propietario recibe un pago por los servicios ambientales que presta su bosque, considerará más seriamente el manejo de su bosque y estará menos propenso a transformarlo y darle otro uso al suelo”* (De Camino et al, 1999).

### **Marco legal e institucional**

El marco legal bajo el cual funciona el Programa de PSA en Costa Rica quedó establecido en la Ley Forestal 7575, y en su correspondiente reglamento. La Ley Forestal 7575 incluye únicamente tres artículos para dar soporte al programa del PSA, y luego el funcionamiento del sistema se da a través del reglamento a la Ley 7575, quien a su vez establece que el MINAE y FONAFIFO deben mediante decretos, establecer: 1. el manual de procedimientos del sistema, 2. definir áreas prioritarias para la asignación de recursos, 3. definir el monto total de fondos a invertir año a año y su distribución por modalidad en colones y en hectáreas y, 4. actualizar los montos de pago por modalidad.

Los artículos 46 y 47 de la misma Ley, y lo establecido posteriormente en el Reglamento, se le da a FONAFIFO el mandato de “captar financiamiento para el pago de los servicios ambientales que brindan los bosques”, estos pasan a ser parte del patrimonio del FONAFIFO, y se le delega la responsabilidad del manejo de los fondos y de realizar los pagos por servicios ambientales.

El manual de procedimientos se establece mediante resolución de la Junta Directiva, y hasta el 9 de octubre del 2002, el SINAC, a través de las Áreas de Conservación, era el responsable de recibir las solicitudes para acogerse al sistema, hacer la evaluación previa, realizar la supervisión y monitoreo de campo, y canalizar las solicitudes hacia FONAFIFO para que se ejecuten los pagos respectivos. Sin embargo, este procedimiento fue modificado mediante el decreto N° 30762 publicado en la Gaceta N° 194 de la fecha antes referida, y actualmente FONAFIFO es el ente responsable de recibir presolicitudes, y evaluar y aprobar las ofertas de los propietarios que desean someter sus fincas y bosques al programa. Sin embargo, el SINAC sigue teniendo la responsabilidad de definir las áreas prioritarias para la ejecución del programa, y hacer el control y seguimiento de los proyectos aprobados.



Los estudios técnicos para cualquiera de las modalidades de producción forestal en el sistema, los prepara un Regente Forestal que debe estar debidamente colegiado en el CIAF, y sus responsabilidades se definen mediante un Reglamento de Regencias Forestales.

La recolección del impuesto a los combustibles la hace la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE), y esta debe transferir estos recursos al Ministerio de Hacienda. El MINAE debe presupuestar año a año los fondos que se destinarán para el financiamiento del programa, según los reportes de recaudación de RECOPE. Tanto los fondos provenientes del impuesto al consumo de combustibles, como los de convenios con empresas locales o organizaciones internacionales, son depositados en fideicomisos que FONAFIFO ha establecido en el Banco Nacional de Costa Rica, y todos los pagos de PSA a los dueños de bosque se hacen a través de estos fideicomisos, y algunos casos a través de la Caja Única del Estado.

## **Modalidades**

Se define como modalidades en un sistema de Pagos por Servicios Ambientales, a las combinaciones de uso de la tierra y sistemas de producción que benefician al ambiente y que ayudan a mantener la calidad de vida de las comunidades. Estos usos de la tierra y sistemas de producción son los que se desean promover mediante pagos directos por los servicios ambientales que estos generan. En el caso del Sistema de Pagos por Servicios Ambientales de Costa Rica, el uso de la tierra a promover es el uso forestal, y los sistemas de producción forestal identificados como productores de servicios ambientales son:

- Protección de Bosques Naturales
- Reforestación Plantaciones Forestales
- Manejo de Bosque Natural de bajo Impacto
- Reforestación con Sistemas Agroforestales
- Reforestación con Regeneración Natural

La modalidad de Protección de Bosques (**PSA-Protección**) implica el realizar actividades que conduzcan a la conservación del ecosistema para que genere servicios ambientales. Las actividades se establecen en un Estudio Técnico, e incluyen la prevención de incendios forestales, el mantenimiento y rotulación de linderos, el control de cacería, la tala ilegal y la extracción de especies menores tales como bejucos, orquídeas, plantas medicinales, etc. En esta modalidad califican tanto bosques naturales primarios, como bosques secundarios, el área mínima del bosque debe ser de 2 ha, y el área máxima permitida por propietario individual es de 300 ha por año, y 1000 ha en el caso de contratos con Asociaciones de Desarrollo de Reservas Indígenas.

La modalidad de reforestación (**PSA-Reforestación Plantaciones Forestales**) implica el establecimiento y manejo de un bosque mediante plantación artificial, en terrenos desprovistos de cobertura forestal. No se pueden someter al sistema terreno con cobertura forestal, y se debe preparar un Estudio Técnico. El plan de reforestación incluye todas las actividades necesarias para el establecimiento de la plantación, su protección, manejo

silvicultural y aprovechamiento. El área mínima a someter al sistema es de 1 ha y el área máxima es de 300 ha por año.

En el área de reforestación se crearon dos nuevas modalidades en el sistema: **PSA-Reforestación con Sistemas Agroforestales**, y **PSA-Reforestación con Regeneración Natural**. El primero fue introducido en el año 2003, y está dirigido a promover la introducción de árboles en los sistemas de producción agrícola y de ganadería. Bajo esta modalidad participan pequeños y medianos propietarios que estén incorporados a una organización debidamente reconocida, y se pueden plantar desde 350 hasta 3500 árboles por año por finca. Las especies a utilizar son esencialmente especies forestales comerciales, sin embargo, los propietarios pueden escoger otras especies según sus necesidades, tales como especies para sombra, y hasta especies para favorecer la fauna local. **El PSA-Reforestación con Regeneración Natural** fue introducida en el año 2006, y permite el uso de regeneración natural asistida para recuperar área de pastos y potreros. Esta modalidad se introdujo al sistema de PSA para dar cabida legal a los proyectos de reforestación que FONAFIFO ha estado preparando para participar en el MDL del Protocolo de Kyoto.

Finalmente, la modalidad de manejo de bosques naturales (**PSA-Manejo**), se rige por los Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PC&IS) que la Administración Forestal del Estado (AFE) pública mediante decreto ejecutivo. Los PC&IS se revisan periódicamente, y los vigentes actualmente se publicaron en el Decreto Ejecutivo N° 34559 (Gaceta N° 115 del 16 de junio de 2008). Los PC&IS establecen las normas del sistema de manejo forestal de bosques naturales que garantizan la permanencia del bosque como un ecosistema productivo. El sistema de manejo utilizado y establecido en los PC&IS, implica la elaboración de un Plan de Manejo basado en una evaluación del bosque, la identificación y protección de especies de árboles poco abundantes, de especies restringidas y protegidas por la ley.

Además, incluye la preparación de un plan de aprovechamiento de bajo impacto, esto es: la tala dirigida, planificación de caminos, no aprovechar especies en vías de extinción o en zonas de protección por pendiente y las márgenes de ríos y quebradas, el aprovechamiento de residuos, etc. Finalmente, el sistema de manejo incluye la aplicación de tratamientos silviculturales de post-cosecha, justificados utilizando información de campo recopilada después de la etapa de aprovechamiento forestal. El área mínima del bosque debe ser de 2 ha y el área máxima permitida por propietario individual es de 300 ha por año.

### **Tipos de Contrato**

El sistema en vigencia incluye tres tipos de contratos (cuadro 6). Para todos los tipos de contrato, el propietario individual acepta una afectación voluntaria a la propiedad bajo contrato, y autoriza al FONAFIFO a la protocolización del contrato en el Registro Público como una limitación de la propiedad, así como cubrir los costos que esto conlleve.

El primer tipo de contrato se denomina **Contratos Individuales**, y es aquel que se firma entre el Estado y una persona física o jurídica que posea una propiedad específica. Para todos los tipos de contratos el (la) agricultor(a) debe demostrar que el inmueble es de su propiedad y posesión. En el caso de que se utilicen fondos públicos, parcial o totalmente,

para hacer los pagos, el propietario individual deberá demostrar sus derechos de propiedad mediante indicación de “título de propiedad” debidamente registrado en el Registro Público de la Propiedad. En el caso de la modalidad de PSA-Protección recientemente se aprobó que los derechos de propiedad, también puedan demostrarse con una declaración jurada, la cual debe hacerse ante un notario. También, en el caso de que se estén utilizando fondos privados, el propietario podría no presentar título de propiedad y utilizar otro mecanismo para demostrar sus derechos de posesión sobre el inmueble, tal como declaración jurada, carta de venta, plano catastrado o cualquier otra forma que demuestre la posesión.

Finalmente, el tercer tipo de contrato es un caso especial de un contrato global. Este se ha denominado **Contratos con Reservas Indígenas**, y se aplica a contratos entre el Estado y una Asociación de Desarrollo legalmente constituida en una Reserva Indígena creada por Ley de la República. Para este tipo de contratos el área máxima a someter a Pago por Servicios Ambientales, para cualquiera de las modalidades contempladas anteriormente, se incrementa a 1000 ha por año.

**Cuadro 4. Tipos de contratos según características del solicitante**

<b>Tipo de Contrato</b>	<b>Área máxima por año (en ha)</b>	<b>Tipo de Solicitante</b>
Individual	300	Propietario individual. Persona física o jurídica
Reserva Indígena	1000	Asociación de Desarrollo Comunal de la Reserva Indígena creada por Ley de la República

### 3.2.2.3 Avances del Programa a la fecha

El programa de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) es un mecanismo de mercado para modificar la conducta de propietarios privados con respecto al uso de su tierra. El PSA paga por los servicios ambientales generados al mantener las tierras con cobertura forestal. Cuando estos pagos se orientan a zonas prioritarias cuidadosamente seleccionadas, se logra conservar hábitat de alta biodiversidad, proteger cuencas hidrográficas de importancia socio-económica, y consolidar corredores biológicos que conecten los parques nacionales y las reservas biológicas existentes. Desde 1997 hasta 2008, cerca de 598 433 hectáreas hay sido incorporadas al programa (ver Cuadros 5), lo cual implica una transferencia de cerca de US\$200 millones a cerca de 8000 propietarios privados de tierras. Sin embargo, no se puede asegurar que el aumento en la cobertura forestal mostrado en la sección 3.2, sea debido únicamente al programa de CPSA, sino que también este muestra los esfuerzos acumulados de 31 años de programas de promoción de actividades de producción forestal iniciados con la Ley Forestal 4465, así como a las fluctuaciones en los precios de los productos agropecuarios, que promueven o desincentivan el desarrollo de actividades como

la ganadería, la cual es la que más impacto tuvo en el proceso de deforestación registrado en el periodo de 1960 a 1990.

**Cuadro 5. Área total y número de participantes por modalidad y año**

<b>Año</b>	<b>Protección de bosque</b>	<b>Manejo de Bosque</b>	<b>Reforestación</b>	<b>Regener. natural</b>	<b>SAF (# árboles)</b>	<b>No. Contratos</b>
1997	88830	9325	4629	-	-	1200
1998	47804	7620	4173			597
1999	55776	5125	3156			622
2000	26583	-	2457	-		271
2001	20629	3997	3281	-		287
2002	21819	1999	1086	-		279
2003	65405	-	3155		97381	672
2004	71081	-	1557	-	412558	760
2005	53493	-	3602	-	513684	755
2006	19972	-	4866	-	380398	618
2007	60567	-	5826	-	541531	1180
2008	66474	-	4083	1660	656295	1103
Total	598433	28066	41871	1660	2601847	8344

Fuente: FONAFIFO (2009).

[http://www.fonafifo.com/paginas\\_espanol/servicios\\_ambientales/sa\\_estadisticas.htm](http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/servicios_ambientales/sa_estadisticas.htm)

### **3.2.3 Ley Indígena 6172**

Ley N° 6172 emitida en 1977, regula la organización comunal y territorial indígena, y reconoce una serie de derechos de otro tipo a favor de las comunidades indígenas de Costa Rica. Existen diversas formas de organización comunal propias, que se originan de sus tradiciones. Sin embargo, el Estado impuso las Asociaciones de desarrollo integral (ADI) como la única forma de representación hacia el exterior, según lo dispusieron los artículos 3, 4, y 5 del Reglamento a la Ley Indígena. La ley que en su tiempo fue considerada de avanzada establece cinco principios fundamentales:

1.- Define que: “Son indígenas las personas que constituyen grupos étnicos descendientes directos de las civilizaciones precolombinas y que conservan su propia identidad”.

2.- Establece que: “Las comunidades indígenas tienen plena capacidad jurídica para adquirir derechos y contraer obligaciones de toda clase. No son entidades estatales. Declárase propiedad de las comunidades indígenas las reservas mencionadas en el artículo 1 de esta Ley”.

3.- Las reservas indígenas son inalienables e imprescriptibles, no transferibles y exclusivas para las comunidades indígenas que las habitan. Los no indígenas no podrán alquilar, arrendar, comprar o de cualquier otra manera adquirir terrenos o fincas comprendidas dentro de estas reservas. Los indígenas sólo podrán negociar sus tierras con otros indígenas.

4- Las reservas serán regidas por los indígenas en sus estructuras comunitarias tradicionales o de las leyes de la República que los rijan, bajo la coordinación y asesoría de CONAI, y

5 - Los terrenos comprendidos dentro de las reservas, que sean de vocación forestal, deberán guardar ese carácter, a efecto de mantener inalterado el equilibrio hidrológico de las cuencas hidrográficas y de conservar la vida silvestre de esas regiones. Los recursos naturales renovables deberán ser explotados racionalmente. Únicamente podrán llevarse a cabo programas forestales por instituciones del Estado que garanticen la renovación permanente de los bosques, bajo la autorización y vigilancia de CONAI.

Actualmente el país cuenta con 24 Territorios Indígenas que cubren un área de 336720 ha, es decir un 6.6% del territorio nacional, las cuales poseen una cobertura forestal del 243495 ha (72,3%). De este total 56398 ha (16,8%) está bajo el programa de PSA-Protección (ver Cuadro 6).

**Cuadro 6. Resumen de Tipos de contratos de PSA en Territorios Indígenas desde 1997 al 2008**

	Hectáreas contratadas Protección	Hectáreas contratadas Reforestación	Hectáreas contratadas Regeneración natural	No. Árboles contratados SAF	Monto pagado en contratos en dólares	Monto pagado en contratos en colones
<b>TOTAL</b>	56,398	90	402	573,212	\$9.863.794	2.250.625.760

Fuente: FONAFIFO (2009).

[http://www.fonafifo.com/paginas\\_espanol/servicios\\_ambientales/sa\\_estadisticas.htm](http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/servicios_ambientales/sa_estadisticas.htm)

### 3.2.4 Ley de Uso, Manejo y Conservación de suelos No. 7779

Esta Ley tiene como fin fundamental proteger, conservar y mejorar los suelos en gestión integrada y sostenible con los demás recursos naturales, mediante el fomento y la planificación ambiental adecuada, y declara de interés público la acción estatal y privada para el manejo, la conservación y recuperación de suelos. Define que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) deberá coordinar las acciones de manejo y conservación de suelos, con el Ministerio del Ambiente y Energía y las demás instituciones competentes en materia de administración y conservación de los recursos ambientales, así como con las instituciones públicas en general. Para lograr lo anterior, deberá:

- a) Recomendar a las instituciones oficiales, autónomas o particulares, de crédito, colonización o fomento agrícola, los sistemas y métodos por seguir para promover la conservación, el mejoramiento, la restauración y explotación racional del recurso suelo.
- b) Definir, en el Plan Nacional de Manejo y Conservación de suelos, las responsabilidades operativas de las otras instituciones competentes, y los mecanismos de coordinación para su aplicación entre ellas y entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería y las demás instituciones del Estado.

- c) Coordinar con el Catastro Nacional la inclusión, en los levantamientos catastrales de diversas zonas, de los datos sobre capacidad de uso del suelo.

El Plan nacional de manejo y conservación de suelos para las tierras de uso agro-ecológico tiene como objetivo mejorar los sistemas de producción y uso racional del recurso suelo. Los lineamientos generales de este Plan serán de carácter vinculante y acatamiento obligatorio para los programas o proyectos que incidan en el uso de tales tierras.

Por otro lado, esta Ley, establece como unidad básica de planificación la cuenca o sub-cuenca hidrográfica, y además define dos principios de política de ordenamiento territorial:

a) “Para hacer efectivos cualquier exoneración o incentivo, fiscal o tributario, así como para el acceso a créditos preferenciales de los que apruebe el Sistema Bancario, relacionados con el uso de la tierra agrícola, el beneficiario que lo reclame tendrá que comprobar, previamente, ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería que la utilización actual o propuesta del terreno por el que se percibe este beneficio corresponde a la capacidad de uso o al uso potencial, según el estudio de tierras elaborado, con anterioridad, con base en la metodología oficial, por un profesional autorizado por el Colegio de Ingenieros Agrónomos”.

b) “Quien contamine o deteriore el recurso suelo, independientemente de la existencia de culpa o dolo o del grado de participación, será responsable de indemnizar, en la vía judicial que corresponda, y de reparar los daños causados al ambiente y a terceros afectados”.

Para determinar la capacidad de uso de la tierra se utiliza la Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras en Costa Rica (Decreto No.23214) del 3 de abril de 1994. El sistema consta de ocho clases representadas por números romanos, en las cuales se presenta un aumento progresivo de limitaciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias, y forestales.

Las clases I, II, III permiten el desarrollo de cualquier actividad incluyendo la producción de cultivos anuales. La selección de las actividades dependerá de criterios socioeconómicos.

En las clases IV, V, VI su uso se restringe al desarrollo de cultivos semi-permanentes y permanentes. En la clase IV los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional.

La clase VII tiene limitaciones tan severas que sólo permiten el manejo del bosque natural primario o secundario. En las tierras denudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural.

La clase VIII está compuesta de terrenos que no permiten ninguna actividad productiva agrícola, pecuaria o forestal, siendo por tanto, adecuada únicamente para la protección de recursos.

### **3.2.4.1 Proyecto Gestión Integral del territorio en Costa Rica**

El Proyecto Gestión Socio-ecológica del Territorio, impulsado desde el 2007 por el SINAC, “pretende impulsar el desarrollo de una visión integral de país que nos permita comprender qué sucede en todo el territorio nacional y cuáles acciones debemos ejecutar para asegurarnos el abastecimiento de los servicios que obtenemos de los ecosistemas.” MIDEPLAN (2007) estimaba que:

“... un 54,9% de las tierras están bien utilizadas, un 19,8% están sobre utilizadas y un 10,5% coinciden con su capacidad de uso, pero requieren tratamientos especiales de conservación. Menos del 10% del territorio se utiliza para productos de exportación y de alto valor agregado, pero puede notarse que hay un alto riesgo de degradación de tierras por sobre-uso en una quinta parte del territorio nacional” (MIDEPLAN, 2007).

El objetivo general del proyecto es: “Proponer un modelo de gestión del capital natural continental de Costa Rica, que potencie un ordenamiento territorial, de manera que se favorezca el uso múltiple de los servicios que generan sus ecosistemas y la biodiversidad que albergan.” Este plantea la segmentación del país en Unidades Socio-ecológicas de Gestión (USEG), las cuales se diferencian entre sí por el tipo de ecosistema y servicios que estos proveen a la sociedad. Dado que el capital natural de Costa Rica está compuesto por su alta diversidad de ecosistemas, los cuales aportan los servicios ambientales, el SINAC propone que el ordenamiento del territorio nacional considere a los ecosistemas como el capital natural de Costa Rica, capaz de suplir diferentes servicios a la sociedad para su bienestar (SINAC, 2009).

Las USEG son un instrumento de planificación del territorio, y a su vez se define como territorio es una matriz multi-funcional compuesta por espacios con diferentes usos que cumplen una función diferente, entre ellos (SINAC, 2008):

- Espacios o núcleos urbanos
- Espacios de uso múltiple
- Espacios para la producción de energías
- Espacios altamente transformados (cultivos extensivos)
- Espacios esenciales para la conservación (áreas protegidas)
- Espacios de interés para la conservación (vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad en el ámbito terrestre, aguas continentales y costero-marinas)
- Espacios de interés para la conectividad (corredores biológicos)
- Elementos singulares (geología, agua, etc.)

### **3.2.5 Conclusiones**

Costa Rica inició actividades efectivas de conservación, protección, de bosques desde 1977 con la Ley de Creación del Servicio de Parques Nacionales y la Ley Indígena. Estas leyes establecen la protección de los bosques, y no se permite el cambio de uso en áreas cubiertas

de bosques. Esta protección se extendió a terrenos de propiedad privada con la promulgación de la Ley Forestal 7575 de 1996. El sistema de ASP está protegiendo un 26.1% del territorio nacional, y poseen un porcentaje de cobertura forestal de 86,0 % al 2005, y los territorios indígenas por otro lado representan el 6,6 % del territorio nacional, y poseen una cobertura forestal de 72,3 % al 2005. El restante 67.3 % del territorio son terrenos de propiedad privada sujeto a las normas establecidas en la Ley Forestal 7575, y al 2005 se estima que el 25,8 % de esta área posee algún tipo de cobertura forestal.

Las actividades de reforestación y protección de bosques, incluyendo manejo forestal sostenido en terrenos de dominio privado se iniciaron desde 1979, pero no es sino hasta con la Forestal 7575 que prohíbe la deforestación o cambio de uso del suelo en terrenos de propiedad privada con cubierta forestal. Las actividades de protección y manejo sostenible de bosques en propiedad privada se iniciaron en con la Ley Forestal de 1986 y las modificaciones introducidas en 1990, y se han modificando hasta conformar el Programa de PSA. Este programa administrado por FONAFIFO ha creado un sistema de protección de bosque en manos privadas que cubre actualmente cerca de **598 433** ha o cerca de 11,7 % del territorio nacional y 22,1 % de la cobertura forestal del país al 2005. Paralelamente se han creado los mecanismos para la recuperación de áreas de vocación forestal que actualmente están cubiertas con pastos, creando la posibilidad de formular proyectos de reforestación para aplicar al MDL.

La aplicación y reforzamiento de la Ley 7779, junto con la Ley Forestal 7575, así como el desarrollo del Proyecto Gestión Socio-ecológica del Territorio, impulsado por el SINAC (2009), permitirán la protección de los bosques existentes, y progresivamente permitirá la recuperación de la cubierta forestal en terrenos actualmente bajo pastos. El área que está actualmente en pastos pero que son terrenos de vocación forestal se estima en 17,4 % del país, 3.3% se encuentra en ASP y 14,1% fuera de esta. La conversión y posterior protección de estas áreas de pastos a bosques, junto con la protección de los bosques existentes (53.0 % al 2005) sería la principal contribución del país a la mitigación de los efectos de GHG y el calentamiento global (ver cuadro 7).

La aplicación del marco legal existente entonces distingue tres tipos de propiedad: áreas de dominio público, y áreas de propiedad privada, la cual se subdivide a su vez en territorios indígenas y áreas de propiedad privada no indígenas. En estos tres tipos de propiedad se prohíbe la deforestación.



**Cuadro 7. Uso de la Tierra en Costa Rica según el análisis del Mapa de Cobertura 2005 (FONAFIFO-U.Alberta-ITCR)**

<b>Variable</b>	<b>% del territorio Nacional</b>
Uso Correcto	79,6
Sobre Uso	18,8
Sin Datos	1,6
<b>Pastos a Recuperar a Bosque</b>	<b>17,4</b>
en ASP	3,3
fuera de ASP	14,1
Meta Anual 20 años (ha)	44457
Meta Anual 30 años (ha)	29638
Meta Anual 40 años (ha)	22228

### **3.3 Deforestación en Costa Rica**

Son muchos los trabajos científicos que han estudiado el proceso de deforestación en Costa Rica. Por lo que existe menos incertidumbre con respecto a las tasas de deforestación, sus patrones y los factores que han impulsado este proceso (Bush et. al, 2000). Sin embargo, los primeros trabajos difieren tanto la definición de bosque como las metodologías usadas en los estudios de deforestación en Costa Rica. No es sino a partir de 1997, cuando el FONAFIFO en asocio otras organizaciones inician un monitoreo sistemático de la cobertura vegetal de Costa Rica, en que se estandarizan definiciones y procedimientos, con lo que se logra controlar la variación observada en los resultados de las estimaciones de las tasas de deforestación anteriores a 1997.

Los estudios existentes muestran un patrón general claro: una rápida deforestación que se inicia en 1940 cuando el país tenía una cobertura forestal cerca al 67%, y luego la tasa de deforestación disminuye marcadamente alrededor de 1985 cuando se alcanzó una cobertura cercana al 21%, seguido de una aumento de cobertura consistentemente hasta el 2005 en donde logra una cobertura forestal de cerca del 53%. Esto indica que se puede distinguir dos periodos en el proceso de deforestación: Anterior a 1985, y posterior a 1985.

#### **3.3.1 Periodo Anterior a 1985**

Costa Rica experimento la tasa de deforestación más lata del mundo durante este periodo. Sader and Joyce (1988) estimaron los porcentajes de cobertura boscosa del país para el periodo 1940-1983, y reportan tasas de deforestación entre 43,000 y 76500 ha por año (ver Cuadro 8).

**Cuadro 8. Cobertura de Bosque y tasas deforestación por año en Costa Rica**

Año	1940	1950	1961	1977	1983
% de Cobertura	67%	56%	45%	32%	17%
Tasa de deforestación (hectárea/año)		55,600	51,000	43,000	76,500
Tasa de deforestación (%)					
Fórmula FAO <sup>7</sup>		1,78	1,97	2,11	10,01
Puyravaud (2003) <sup>8</sup>		1,79	1,99	2,13	10,54

Fuente: Adaptado de Sader and Joyce (1988)

Sin embargo, Busch et al (2000) indican que Sader y Joyce (1988) sub-estimaron la cobertura forestal en los dos últimos periodos, sugiriendo que esto se debió a que ellos usaron unidades de mapeo muy grandes, lo que les condujo a excluir los fragmentos de bosque más pequeños, los cuales aumentaron con forme la deforestación aumentaba (Sánchez 1996).

El estudio de Sader y Joyce (1988) sugiere que la tasa de deforestación en Costa Rica se incremento de un 1,79% en el periodo 1940-1950, a un 2.3% entre 1961 y 1977. Otros estudios, tal como el de Keogh (1984) estimaron tasas de deforestación similares a las reportadas por Sader y Joyce (1988), y sus resultados no difieren de la tendencia reportada por ellos. Por ejemplo, Keogh (1984) para el periodo 1943 a 1977, reporta coberturas de bosque de 76.5%, 63.4%, y 41.7 para los años 1943, 1960 y 1977 respectivamente, valores que son en promedio un 10% más altos a los reportados por Sader y Joyce.

Tschinkel (1988) reporta una cobertura del 50% para Costa Rica en 1970, y del 31% en 1983, es decir una tasa de deforestación de 55.000 ha por año, o una tasa de deforestación de 3.61%. Sánchez (1986) reporta una cobertura forestal del 32% para 1986, y del 29% para 1991, y estimó una tasa de deforestación para el periodo de 45.000 ha/año, o una tasa de deforestación del 1,95%. Sánchez (1996) indica que las diferencias de cobertura con respecto a las de Sader y Joyce, son debidas a que los últimos autores utilizan unidades de mapeo grandes, lo que hace que no se tome en cuenta fragmentos de bosque pequeños.

### 3.3.2 Periodo posterior a 1985

Los anteriores estudios concuerdan en que la tasa de deforestación antes de 1985 se estimaba en cerca de 50 000 ha por año. Sin embargo, en 1991 el estudio preparado conjuntamente entre el World Resource Institute (WRI) y el Centro Científico Tropical (CCT), encontró una disminución en la tasa de deforestación, estimándola en 48 000 ha por

<sup>7</sup> Formula FAO:  $i = ((V_n/V_0)^{1/n} - 1)$

<sup>8</sup> Formula Puyravaud:  $i = (1/(t_2-t_1)) * \ln(A_2/A_1)$

año para el periodo 1966-1973, y en 31,800 ha por año en el periodo 1973-1989 (Solórzano et al. 1991), es decir cerca de 1.2% a 1.8% de deforestación anual. Este estudio estimó el porcentaje de cobertura de Costa Rica en 58.5% para 1966, y de 42.9% para 1989, y fue el primero en reconocer que la tasa de deforestación empezó a disminuir en Costa Rica, lo cual coincide con el periodo en que el país empezó a establecer el marco ley de protección de recursos naturales que ha evolucionado progresivamente hasta el presente (ver sección 3.2). Kishor and Constantino (1993) también sugieren que la tasa de deforestación de Costa Rica decrecía encontrando que esta pasó de 50 000 ha por año a 17000 ha por año para el periodo 1988 a 1992.

Sánchez (1998) encontró que la deforestación variaba según la tenencia de la tierra. El estudio se realizó en la Región de Sarapiquí, Costa Rica, y determinó que la deforestación en áreas silvestres protegidas (ASP) de la región declinó de un porcentaje anual de 0.56% en 1976-1986 a 0.21% entre 1986-1991, y a 0.16% entre 1991 y 1995 (cuadro 9). Fuera de las áreas protegidas el porcentaje cayó de 3.6% en 1976-1986, a 2.8 entre 1986 y 1991, para luego incrementarse a 3.2% en 1991 a 1995. Este incremento puede explicarse si se considera que la expansión bananera en la región, así como la apertura de la ruta Puerto Viejo-Río Frío-Guápiles ocurrió en este mismo periodo. Por otro lado, en áreas de conservación privada fuera de las áreas protegidas estatales la deforestación cayó de 1.7% en el periodo 1976-1986 a 1.4% entre 1986-1996.

**Cuadro 9. Análisis de deforestación dentro y fuera de áreas protegidas para la Región de Sarapiquí, Costa Rica**

<b>Dentro de áreas Protegidas</b>	1976-1986: 0,56% 1986-1991: 0,21% 1991-1995: 0,16%
<b>Fuera de áreas Protegidas</b>	1976-1986: 3,6% 1986-1991: 2,8% 1991-1995: 3,2%

Fuente: **Sánchez (1998)**

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), como parte de sus funciones ha gestado la realización de los estudios de cobertura forestal de Costa Rica para los periodos 1987/1997, 1997/2000 y 2000/2005 empleando imágenes satélite Landsat TM y ETM+. Dichos estudios se han promovido con el fin de mantener un monitoreo constante del estado de cobertura forestal del país. En todos los casos se ha usado una metodología similar, la cual ha sido progresivamente mejorada. El estudio aplicó una metodología definida por el proyecto de la NASA denominado: NASA Pathfinder (Skole and Tucker, 1993). El proyecto NASA Pathfinder es una iniciativa de carácter internacional orientada a estandarizar estudios espaciales de deforestación en zonas tropicales (Brasil, el Sureste Asiático y África Central). Este enfoque asegura que los resultados de este estudio son producto de una metodología internacionalmente aceptada para el monitoreo de la deforestación de bosques tropicales (Bush et al., 2000).

Los resultados del estudio de cobertura realizado en 1997 muestran que la deforestación disminuyó a nivel nacional a una tasa cercana al 1% por año para el periodo 1986-1997. Este primer estudio también indica que la cobertura forestal para 1997 era de 45,0%<sup>9</sup>. Este estimado no distinguió entre bosques primarios, bosques secundarios o plantaciones, sin embargo, Barrantes (2008) estimó que para 1997, el país contaba con 119000 ha de plantaciones forestales, es decir un 2,3% del territorio. Este resultado indica que el porcentaje de cobertura de bosque naturales era de cerca de 41.6%, sin embargo, este incluye la cobertura bosques secundarios de al menos 10 años. En todo caso, este resultado muestra la tasa de deforestación es mucho más baja que la estimada para décadas anteriores cuando esta se calculó entre 3% y 4% (Bush et. al, 2000).

El segundo estudio de cobertura realizado por FONAFIFO-U. Alberta-CCT fue para el año 2000. Los resultados indican que la cobertura boscosa del país era 48.1%<sup>10</sup>, estimación que incluye tanto bosques primarios, secundarios, y manglares como plantaciones forestales. Se sumaron todos estos tipos de cobertura, para poder hacer comparable esta estimación con la cobertura estimada en 1997, la cual no distinguió estos tipos de cobertura, pero restando plantaciones forestales la cobertura de bosques se estima en 47,9%. Usando estos dos resultados se estima una tasa de deforestación cercana al -3 % para este periodo. Sin embargo, al igual que en el estudio del 1997, no es posible saber que porcentaje de la cobertura forestal corresponde a bosques secundarios, pero se puede asumir que al menos un 4% de la cobertura forestal del 2000 corresponde a bosques secundarios de menos tres años. Por otro lado es importante reconocer que el estudio reporta una deforestación en el periodo 1997-2000 de un 0,18%, es decir de cerca de 9160 ha o 3053 ha/ año, la cual, si no es debida a diferencias metodológicas, es deforestación ilegal (Bush et al, 2000).

**Cuadro 10. Resultados de los estudios de cobertura de FONAFIFO-U. Alberta-CCT para los años 1997 y 2000 (en porcentaje del territorio nacional)**

<b>Cobertura</b>	<b>1997</b>	<b>2000</b>
Agua	0,48	0,49
Forestal	41,37	45,35
Deforestación	ND	0,18
Manglar	0,80	0,82
No clasificado+Sombras	0,60	0,25
No Forestal	50,04	48,69
Nubes	6,18	3,93
Páramo	0,16	0,19

<sup>9</sup> Asumiendo que el área de cobertura de nubes y sombras (6,78%) posee similar cobertura boscosa que el resto del país.

<sup>10</sup> Asumiendo que el área de cobertura de nubes (3,93%) posee similar cobertura boscosa que el resto del país.

**Cuadro 11. Resultado del estudio de cobertura de FONAFIFO-U. Alberta-ITCR para el año 2005 (en porcentaje del territorio nacional)**

<b>Cobertura</b>	<b>%</b>
Agricultura	1,51
Agua	0,51
Áreas quemadas	0,00
Bosque palmas	0,38
Bosque secundario	3,34
Café	2,73
Deforestación	0,46
Forestal	44,25
Límite	0,24
Manglar	0,84
No clasificado	0,02
No Forestal	38,95
Nubes	3,62
Páramo	0,22
Plantaciones Forestales	2,42
Uso Urbano	0,51

El tercer estudio de cobertura realizado por FONAFIFO-Universidad de Alberta-ITCR fue para el año 2005. Con el propósito de generar resultados comparables a los estudios de cobertura forestal previamente realizados, este estudio se basó en la clasificación de imágenes satélite Landsat ETM+ del año 2005, excepto por la imagen de Limón que fue del año 2004 (Calvo et al., 2006). Debido a los problemas detectados en estudios anteriores en el bosque seco tropical, la metodología seguida fue dividida en dos componentes tomando en cuenta el tipo de bosque presente: a) la metodología de NASA Pathfinder para el bosque húmedo del país y b) una metodología especialmente desarrollada para la Región Chorotega, dominada por bosque seco tropical o bosques húmedos caducifolios por el efecto de una fuerte estación seca (Calvo et al., 2006).

Los resultados de cobertura para el 2005 nuevamente muestran un incremento de la cobertura forestal del país, la cual se estima en un 53,0%<sup>11</sup> del territorio nacional incluyendo bosque secundario, manglar, bosque de palmas, y plantaciones forestales, para un tasa de deforestación de -1.96%., y de un 50,5% si se excluyen páramos y plantaciones forestales, es decir lo que hemos definido como bosque. Este mapa también registró una deforestación del 0.46% del territorio, es decir que la deforestación fue 2.6 veces más alta que el periodo 1997-2000. Este resultado refleja la presión sobre el uso de la tierra en el periodo, y aunque el informe no indica donde se produjo esta deforestación, es probable

<sup>11</sup> Asumiendo que el área de cobertura de nubes (3,62%) posee similar cobertura boscosa que el resto del país

que el mayor porcentaje sea el producto del aprovechamiento de plantaciones establecidas en la década de los 90s, y el cambio de uso en áreas agrícolas bajo cubierta forestal.

Los datos generados por este estudio permiten concluir que el país continuó experimentando un proceso de recuperación de cobertura forestal. Para el 2005 el porcentaje del territorio nacional con cobertura forestal es del 48%, sin contar con las áreas de manglares, páramos, plantaciones forestales y nubes. De toda la cobertura forestal existente un 45% (1 118 995 ha) está bajo algún grado protección<sup>12</sup>, mientras que un 55% (1.327,122 ha) esta fuera de las distintas unidades de protección (Calvo et al., 2006).

Durante el período 2000-2005 la cobertura forestal aumentó en 169,900 ha como resultado de procesos de recuperación, mientras que la pérdida de cobertura fue de 23600 ha. Esto equivale a una tasa anual de recuperación del territorio nacional de 0.66% y una tasa anual de pérdida del territorio del 0.09%. De esta forma la recuperación es de más de 7 veces la tasa de pérdida (Calvo et al, 2006).

Las Áreas de Conservación (AC) que enfrentan los niveles de pérdida de cobertura más preocupantes durante el período 2000-2005 son: AC-Arenal Huertar Norte (4 800 ha), AC-Tortuguero (3 800 ha), AC-Pacífico Central (4 204 ha) y AC-La Amistad Pacífico (6 543 ha) Las causas de esta pérdida obedecen a factores socioeconómicos particulares de cada región y merecen ser estudiados para su correcta interpretación, lo cual asistiría en el diseño de estrategias para reducir al mínimo estos procesos. Pero igualmente merece estudiarse los procesos de recuperación, dado que sí se desea consolidar estas áreas para mejorar la conectividad del paisaje, la calidad de hábitat y la producción de servicios ambientales, se debe definir una estrategia considerando que éstas áreas de recuperación son muy vulnerables a ser deforestadas de nuevo (Calvo y Sánchez, 2007).

El análisis de la deforestación observada en el periodo 2000-2005, según la capacidad de uso, muestra que la mayor porcentaje ocurrió en terrenos de capacidad de uso agropecuario (Cuadro 12), es decir muestra una tendencia hacia uso conforme de la tierra, posiblemente debido a la expansión de oportunidades de exportación de productos agrícolas como la piña, y el melón, presión que ha sido resaltada por Calvo (2009).

La Región Chorotega, dominada por bosques caducifolios, ha experimentado durante las últimas décadas la mayor recuperación de cobertura forestal en el país. Al 2005 esta región tiene 503,000 ha de bosques, lo que equivale al 51% de toda su extensión. Del total de la cobertura de bosques un 64% se clasificaron como tardíos, un 20% como tempranos y un 16% como intermedios (Calvo et al., 2006).

---

<sup>12</sup> Las categorías de área protegidas incluidas aquí son: Parques Nacionales, Parques Internacionales, Reservas Biológicas, Reservas Absolutas, Refugios de Vida Silvestre, Humedales Nacionales, Zonas Protectoras y Reservas Forestales. Todas bajo la tutela del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). No se incluyen las Reservas Biológicas Privadas.

**Cuadro 12. Distribución de la deforestación observada en el 2000-2005 según capacidad de uso de la tierra**

Capacidad de Uso	Porcentaje
Agropecuario	59,2
Manejo de Bosque	22,0
Área Protegida	13,3
Protección	5,5

### 3.3.3 Tasa de deforestación en Áreas Silvestres Protegidas (ASP)

Usando los datos de FONAFIFO (1998) y datos de 1979, Sánchez et al. (1998) analizaron los patrones de deforestación dentro de parques nacionales y reservas biológicas, y dentro de un área de amortiguamiento de 10 km alrededor de estas áreas protegidas. Estos resultados muestran la tendencia general mostrada anteriormente, esto es, una disminución de la tasa de deforestación posterior a 1986, y en segundo lugar, que la tasas de deforestación en ambos periodos es mucho más baja dentro de las área protegidas que fuera de las mismas (cuadro 13). Como lo muestra el cuadro 14, para el periodo 2000-2005, la deforestación es mucho mayor en terrenos fuera de las ASP, y dentro de las ASP, las de protección permanentes son las de menor tasa de deforestación.

**Cuadro 13. Análisis de la deforestación fuera y dentro de Parques Nacionales**

	Tasa Deforestación dentro de ASP		Tasa Deforestación en borde de 10km fuera de ASP	
	1979-1986 (%/año)	1986-1997 (%/año)	1979-1986 (%/año)	1986-1997 (%/año)
Promedio Ponderado	2,61	0,056	4,53	0,614

Fuente: (Bush et. al, 2000)

**Cuadro 14. Tasa de deforestación bruta según tipo de Área Silvestre Protegida (ASP) para el periodo 2000-2005**

Categoría	Área Deforestada	Tasa deforestación (%)
Parcial	1707,3	0,0564
Permanente	238,2	0,0040
Temporal	16,3	0,0448
No Protegida	21732,0	0,1324
Total	23693,7	0,0931

Fuente: Elaboración propia usando Mapa de Cobertura 2005 (FONAFIFO-U. Alberta-ITCR)

El cuadro 15 resume los resultados de los estudios sobre deforestación y cobertura en Costa Rica, incluyendo los estudios recientes conducidos por FONAFIFO.

**Cuadro 15. Resumen de resultados de estudios sobre deforestación y cobertura forestal en Costa Rica desde 1940 a 2005**

Estudio	Resultados	Comentarios
<b>Anterior a 1985</b>		
Sader y Joyce (1988)	Cobertura Forestal 1940 – 67% 1950 – 56% 1961 – 45% 1977 – 32% 1983 – 17%	
Keogh (1984)	1943 – 76,5% 1960 – 63,4 1977 – 41,7%	
Tschinkel (1988)	1970 – 50% 1983 – 31%	Tasa deforestación 55000 ha/año
Leonard (1987)		3,9% por año entre 1950-1984
Solórzano et al. (WRI/CCT, 1991)	1966 – 58.5% 1989 – 42.9%	48800 ha/año entre 1966-1973 31800 ha/año entre 1973-1989 (< de 1,5%)
<b>Posterior a 1985</b>		
Lutz et al. (1993)		5000-10000 ha/año en 1990
Sánchez (1996)	1986 – 32% 1991 – 29%	45000 ha/año 1986-1991 (2%) (No incluye OSA y Nubes Upala)
Kishor y Constantino (1993)		17000 ha/año entre 1988-1992
FONAFIFO (1998)	1997 – 41,6% <sup>13</sup>	Deforestación:1,0% entre 1986-1997
Sánchez et al. (2002b)	2000 – 47,9	Deforestación:-3,09 entre 1997-2000
Calvo et al. (2006)	2005 – 50,5	Deforestación:-1,96% entre 2000-2005

Fuentes: Bush et al. (2000) actualizado con datos de cobertura forestal de FONAFIFO-U. Alberta-CCT en el 2000, y FONAFIFO-U. Alberta-ITCR en el 2005.

### 3.3.4 Causas de la Deforestación en Costa Rica

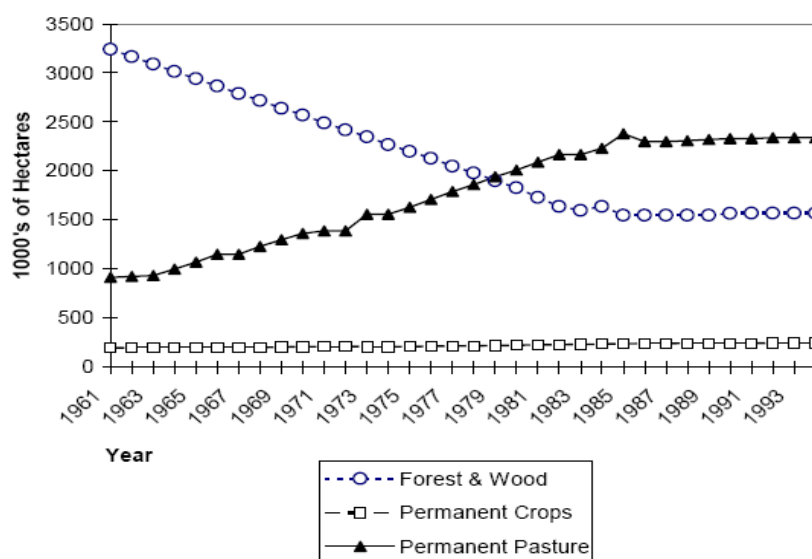
En Costa Rica la conversión de bosques a pastos para la ganadería ha sido el motivo para la deforestación (Lutz y Daly, 1991). Myers (1981) acuñó el término “The Hamburger Connection” para describir el rol que tuvo la producción de carne para exportación a Norte América en la deforestación. Esta frase señala que la conversión a pastos ha sido la causa principal de la deforestación, y esta se vio favorecida por la apertura de los mercados de carne en los Estados Unidos de América, lo cual el Gobierno de Costa Rica favoreció con el establecimiento de políticas crediticias para el fomento de esta actividad y en general

<sup>13</sup> Para 1997, 2000 y 2005 se presenta los porcentajes de cobertura de bosques, no incluye plantaciones forestales.



para promocionar el modelo de desarrollo agro-exportador, incluyendo en segundo término la eliminación de bosques para la expansión de tierras agrícolas. En el gráfico en la Figura 1 se muestra, que la expansión agrícola no ha sido tan relevante en el proceso de deforestación como lo fue la expansión ganadera (Bush et al, 2000).

Figura 1. Expansión ganadera en Costa Rica en el periodo 1961 a 1993



Fuente: U.N.FAO. Land Use statistical Data Base (FAO 1998).

Nota: Las categoría Forest and Wood incluye bosques secundarios y plantaciones

Si bien la principal fuerza que ha motivado la deforestación fue la expansión ganadera, existen otras causas, interrelacionas, no menos importantes. Bush et al. (2000) señalan siete de ellas:

- Políticas Estatales
- Imperfecciones y fallas de mercado
- Busca de beneficios de corto plazo
- Demanda de productos
- Crecimiento poblacional, y
- Valores culturales

La principal fuerza en la deforestación en Costa Rica han sido las políticas de desarrollo económico, principalmente el desarrollo agropecuario. Estas políticas tomaron principalmente la forma de préstamos subsidiados. Por ejemplo la deforestación, que ocurrió entre 1959 y 1960, fue producto de la promoción de la siembra de cultivos comerciales como café, cana de azúcar, así como de la políticas de establecimiento de asentamiento rurales promovida por instituciones como el Instituto de Tierras y Colonización (ITCO), el cual luego fue denominado Insitito de Desarrollo Agrario (IDA).

En los 60 y 70, las políticas cambiaron a la promoción de la ganadería de carne, y el modelo agro-exportador. Sin embargo, a mediados de los 80 se empezó a establecer políticas y legislación (ver sección 3.2) para controlar la deforestación, y al mismo tiempo la caída de los precios de la carne, y la protección de mercados de la carne, hicieron que la demanda por nuevas tierras disminuyera sensiblemente, como lo demuestran los datos mostrados en la sección 3.3. Estas políticas de desarrollo agrícola, no promovieron el uso adecuado de la tierra, sino que la cerca de un 32% de los terrenos cubiertos por pastos son realmente de uso forestal (Kishor y Constantino, 1993).

Actualmente, el modelo de desarrollo agro-exportador sigue su auge pero, a la par se han intensificado el desarrollo de las exportaciones de productos industriales, y el turismo, los cuales demandan en mayor medida la producción de servicios ambientales de los bosques. Esto ha revertido el proceso de deforestación, y favorece en el ordenamiento territorial según la capacidad de uso. Por ejemplo, en la Región de Tempisque, Guanacaste, González (2009), encontró que la tendencia pasada de convertir bosques a potreros se revertió en el periodo 1997 a 2005. El porcentaje de tierras sobre utilizadas en “Potreros” con capacidad de uso de “Bosque Natural” disminuyó para el año 2005, llegando a ser de un 55,9%, ya que muchos potreros se dejaron en recuperación y pasaron a tener usos correctos en este periodo.

Según González (2009), este cambio puede atribuirse a los incentivos que se empezaron a otorgar a los dueños de fincas para que dejaran regenerar los bosques, sobre todo en terrenos que presentaran condiciones topográficas no aptas para el establecimiento de otras actividades como los cultivos agrícolas; condiciones que probablemente presentaran gran parte de éstas tierras. Además los problemas de degradación ambiental en muchas áreas ganaderas, sobre todo en zonas más secas y con más pendiente, tendieron a reducir la productividad de la ganadería y por lo tanto su rentabilidad, lo cual trajo como consecuencia el proceso de abandono de potreros y en la reducción de carga animal en los mismos (Kaimowitz, 1995 citado en González, 2009), por lo que muchas áreas fueron destinadas al crecimiento de la regeneración natural.

En síntesis: “Las causas de estos procesos de deforestación acelerada y luego de restauración de cobertura han sido analizadas en varios estudios pero se explican por:

- a) el período de deforestación acelerada entre 1960-1986 se asocia al aumento de la población, expansión de la frontera agrícola y sobre todo con los incentivos de la ganadería extensiva para la exportación de carne, y
- b) el período de restauración está asociado con la caída del precio internacional de la carne, advenimiento del turismo como la actividad económica más importante del país, transición de una sociedad rural a una sociedad urbana, la intensificación de algunas actividades agropecuarias, el impulso de programas forestales y de conservación de recursos naturales (Calvo, 2008)” .

Otra política que promovió la deforestación, y que está relacionada con los precios de los productos y la apertura de mercados, es el desarrollo de la infraestructura vial del país. Costa Rica tiene una alta densidad de carreteras, los caminos bajan el costo de transporte de los productos agrícolas y de madera. Sader y Joyce (1988) encontraron que una fuerte

relación entre la red de caminos y deforestación. Sader y Joyce muestran que el largo de la red vial se duplicó de 2088 a 5582 km entre 1967 y 1977, y que la distancia mínima de un bosque a una vía de comunicación (camino o ferrocarril) disminuyó de 14.2 a 5.5 km en el mismo periodo.

Una tercera fuerza que motivó la deforestación es la necesidad de obtener ingresos a corto plazo, sin considerar o desconociendo las costo social de largo plazo (Bush et al. 2000). Por ejemplo, el concepto de servicios ambientales del bosque, sin bien era de dominio público desde los 60s, no es sino hasta 1996 cuando se define y valora en la Ley Forestal 7575.

El valor de los servicios ambientales no era reconocido por los propietarios de la tierra, quienes prefieren ingresos de corto plazo, y cargar o desconocer los costos sociales que implica la pérdida de los mismos. Por ejemplo, suelos pobres y altas pendientes son normalmente las barreras más importantes en la deforestación. Pero, Sader y Joyce (1988) encontraron que es frecuente que estas barreras no sean efectivas, ya que encontraron que si bien existe un relación inversa entre deforestación y pendiente del terreno, de los terrenos con pendientes mayores al 60% solo un tercio esta cubierto con bosques primarios. Bush et al. (2000) concluyen acertadamente que fuerzas socio-económicas, tal como la necesidad de obtener ingresos a corto plazo puede superar barreras físicas para el desarrollo de actividades agropecuarias. Este fenómeno es el único que puede explicar la alta deforestación, cuyas secuelas aun se observan, en el Pacifico Central de Costa Rica, en zonas como Rivas de Pérez Zeledón, Acosta, y Puriscal (ver fotos 2 y 3).

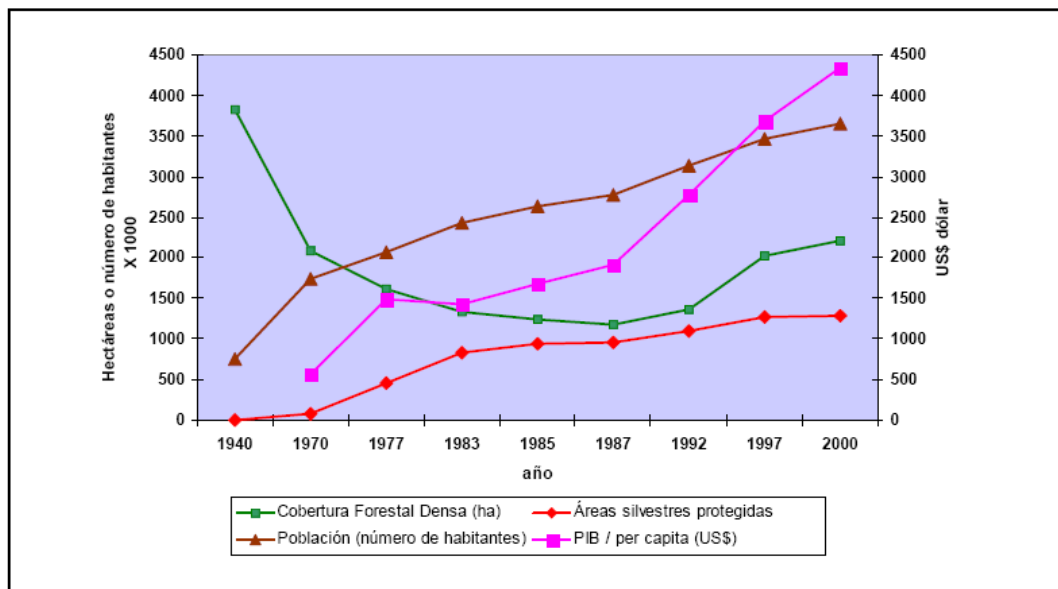


Foto 2. Laderas deforestadas en el Pacífico Central de Costa Rica cerca de Cangrejal Acosta



Foto 3. Laderas deforestadas en el Pacífico Central de Costa Rica cerca de Rivas, Pérez Zeledón.

**Figura 2. Algunos indicadores sociales, económicos y ambientales de Costa Rica (Gómez y Obando, 2004).**



La necesidad de ingresos a corto plazo depende de las oportunidades de empleo bien pagado. Existe evidencia que la colonización de tierras se detiene cuando existen oportunidades de empleo en zonas cercanas. Por ejemplo, Lutz and Daly (1991), y luego Rosero-Bixby y Palloni (1997) concuerdan en que las búsqueda de beneficios a corto plazo y de maximización de capital han sido más importantes como fuerza motivadora de la deforestación en Costa Rica, que el crecimiento poblacional por si misma.

### 3.3.5 Conclusiones

Las fuerzas que han fomentado en la deforestación en Costa Rica han sido las políticas de fomento y desarrollo económico que favorecieron la expansión agrícola sin considerar la capacidad de uso de la tierra. Estas políticas se ven reflejadas tanto en el otorgamiento de préstamos subsidiados para actividades agrícolas en la década de los 70 y 80s, como las políticas de colonización de tierras. En la segunda mitad de la década de los 80s estas políticas fueron desmanteladas, y a la vez se comenzó a establecer legislación para promover un desarrollo sostenible en las tierras de propiedad privada.

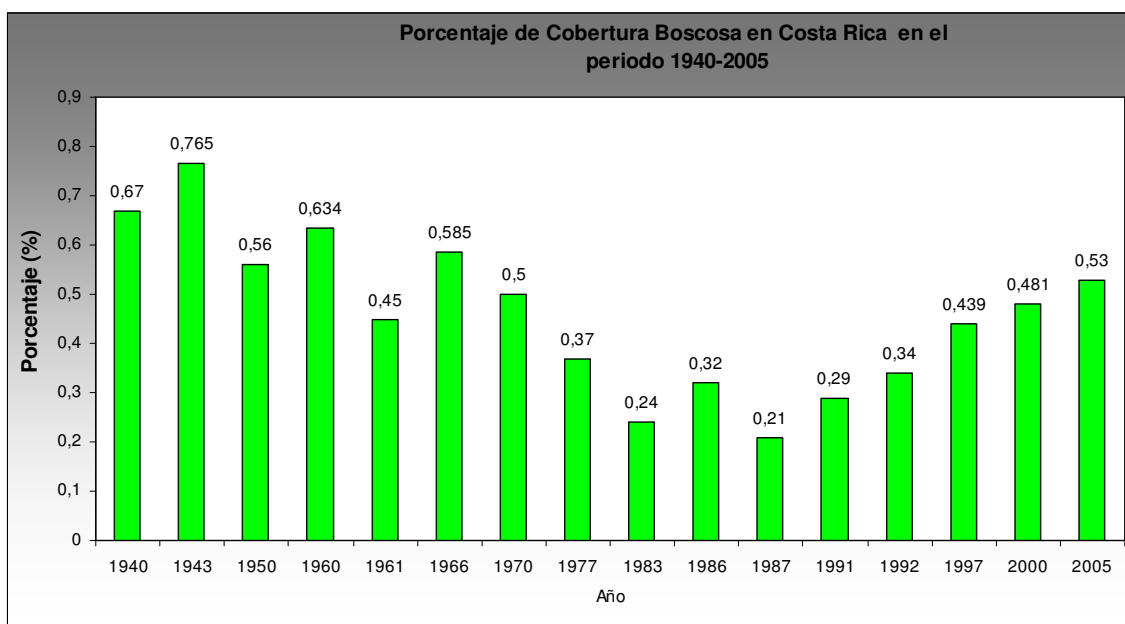
Gómez y Obando (2004) señalan que "...a partir de la década de 1970 hay una reacción a la "crisis", por interés del estado y la sociedad civil, que se manifiesta en políticas, leyes, nuevas instituciones gubernamentales y ONG ambientalistas, para velar por la protección de la riqueza natural. Políticas de incentivo a la reforestación, al crecimiento del bosque secundario en antiguos pastizales, al manejo racional del bosque remanente, el sistema de pago de servicios ambientales de los bosques y el impulso a la creación de áreas protegidas,

permitieron frenar el proceso de deforestación e iniciar la recuperación la cobertura boscosa.”

Existen suficientes estudios para conocer el proceso de deforestación en Costa Rica. Se distinguen dos periodos, uno de 1960 a 1985, en donde se fomentó el desarrollo económico basado en actividades agropecuarias, y como consecuencia se redujo la cobertura forestal de un 76.5% a un 32% (ver Figura 3). El segundo periodo de 1985 al presente, es durante el cual se inicia una recuperación de cobertura forestal, que actualmente se calcula en 53.0 %. En este periodo se cambia la visión de desarrollo, y es cuando se empieza a tomar medidas efectivas para controlar la deforestación en terrenos de propiedad privada, así como a implementar un modelo de desarrollo basado en el uso sostenible de los recursos naturales, exportación de productos de alto valor agregado, y el eco-turismo.

Los datos existentes permiten estimar una tasa de deforestación para el periodo posterior a 1985 debido a que MINAE-FONAFIFO ha consistentemente preparado mapas de cobertura, con una metodología uniforme en los últimos 10 años (1997, 2000, 2005). Con estos datos es posible establecer una línea de referencia tanto de “stock” de carbono actual (en t CO<sub>2</sub>), como el esperado con la tendencia de recuperación de la cobertura actual. Estas estimaciones se podrían mejorar si se prepara un nuevo mapa de cobertura forestal para el 2010, lo que a su vez permitiría calcular el “stock” de carbono del país actualizado, así como estimar mejor la tendencia de la recuperación boscosa, ya está tiende a estabilizarse a media que se logra alcanzar una situación de uso conforme del suelo, el cual es promovido tanto por las leyes existentes como por los factores sociales y económicos actuales.

**Figura 3. Resumen de los resultados de los estudios de cobertura forestal en Costa Rica desde 1940 al 2005**



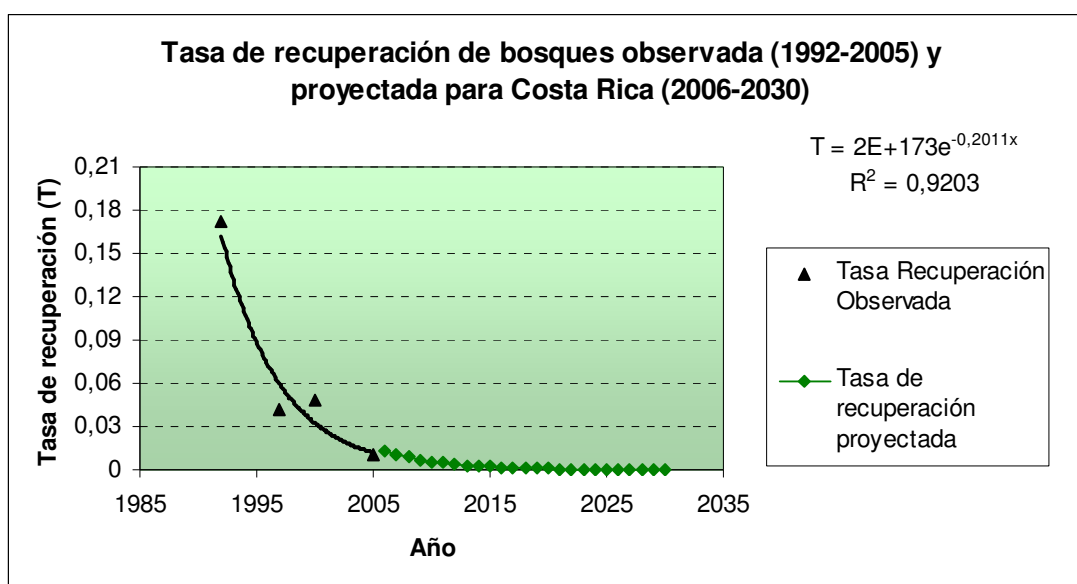
Fuente: Cuadro 15. Resumen de resultados de estudios sobre deforestación y cobertura forestal en Costa Rica desde 1940 a 2005

Si se considera el efecto de la Ley Forestal y la Ley de Uso, Manejo y Conservación del Suelo en terrenos de propiedad privada, esta cobertura debería llegar a ser 70,4%. Por lo que se debería recuperar un 17,4 % en terrenos de capacidad de uso forestal actualmente cubierto con pastos, y brindar protección a los 53,0 % de bosques primarios y secundarios que se han desarrollado a partir de 1985.

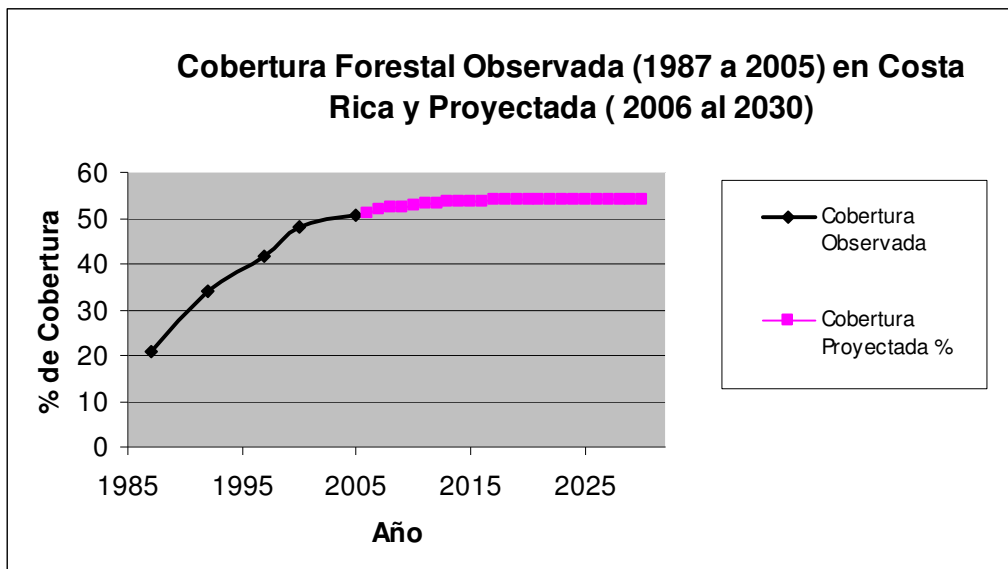
Sin embargo, si se analizan únicamente los resultados de los estudios del periodo posterior a 1985, se estima que la recuperación de la cobertura forestal del país tiende a nivelarse en un valor cercano al 55% (ver figura 5), es decir a una tasa de recuperación/deforestación cerca a 0,0 % (Ver Figura 4), y podría entonces interpretarse que ese es límite de la efectividad de los actuales leyes, políticas y programas que Costa Rica ha implementado, principalmente con el programa de PSA. Por lo tanto esto representa la línea base de recuperación de bosques en Costa Rica, la cual aplicada a los datos de cobertura del 2005, generan la curva base para la recuperación de bosques (Ver figura 5). Para obtener datos más precisos de la línea habría que hacer el mismo cálculo pero desagregado por estrato: clases de tenencia de la tierra, zona de vida, estado sucesional (primario, secundario temprano, medio, y tardío). Sin embargo, utilizando los datos de la figura 5, con datos biomasa promedio por tipo de bosque para Costa Rica, es posible llegar a estimar las existencias (“stocks”) de carbono (en t CO<sub>2</sub>) a partir del 2005 a un nivel de detalle general (ver sección 3.5 y Figura 7).

Para incrementar aun más la cobertura, el país deberá mejorar sus programas actuales dentro y fuera de las ASP, pero principalmente en los terrenos de propiedad privada. Es decir, para alcanzar la meta de “**uso conforme**” se necesitaría acciones adicionales a las actualmente desarrolladas que equivalgan a un 10,4 % de recuperación de la cobertura boscosa.

**Figura 4. Tasa de Recuperación de bosques observada en Costa Rica (1992-2005), y Proyectada del 2006 al 2030**



**Figura 5. Cobertura Forestal Observada en Costa Rica de 1991 a 2005, y Proyectada del 2006 al 2030**



### 3.4 Densidades de Carbono

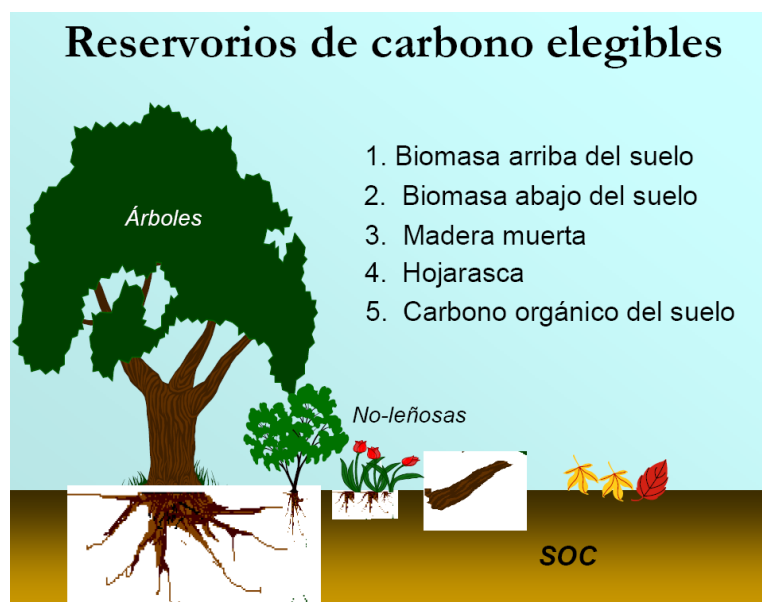
El primer proyecto basado en la reducción de emisiones debidas a deforestación y degradación preparado por Costa Rica fue el Proyecto CARFIX a través de FUNDECOR. Posteriormente, se preparó un segundo proyecto el cual se denominó el Proyecto PAP (Protected Areas Project), le cual fue sujeto a certificación por parte de la SGS Forestry en 1997 (SGS, 1997). Para el proceso de certificación se pudo hacer las primeras estimaciones de densidad de carbono por ecosistema<sup>14</sup> (utilizando zonas de vida) y estado sucesional (bosque secundarios) así como de tasas de deforestación en terrenos dentro de las ASP y dentro una zona de 10 km a su alrededor (SGS, 1997). En esto proyectos así como en otros del mismo tipo, se ha decido siempre cuantificar únicamente la biomasa viva, es decir la biomasa arriba del suelo más la biomasa de raíces, debido a que es estos componentes en donde se incrementa o disminuye con mayor rapidez las existencias de carbono (ver figura 6).

Desde la formulación del PAP se han preparado nuevas fórmulas para estimar biomasa arriba del suelo de árboles de los bosque tropicales en Costa Rica, así como de valores y ecuaciones para estimar biomasa por hectárea (Fonseca, 2005; Cascante y González, 2008). Los datos de densidad de biomasa arriba del suelo ya validados en el PAP pueden utilizarse para estimar la línea base densidad (stocks) de carbono al 2005 (en t CO<sub>2</sub>), así como realizar cálculos ex-ante de los stocks de carbono. Por ejemplo, si se asume como línea base una cobertura de bosques del 51% y una tasa de deforestación decreciente según la ecuación mostrada en la Figura 4.

<sup>14</sup> Densidades de Carbono de biomasa viva, es decir biomasa arriba y abajo del suelo



**Figura 6. Reservorios de Carbono elegibles para el cálculo de línea de la base y para el sistema de Monitoreo de actividades REDD**



Fuente: CATIE 2006. Curso Internacional: Diseño de Proyectos MDL en los sectores Forestal y Bio-energía

$$CO_2 = \frac{44}{12} * CF * A_i * \{ [B_i + (G_i * T)] * [(1 - D_i)^T] \} \quad 1) \quad \text{(ecuación)}$$

Donde:

CO<sub>2</sub>: es el stock de CO<sub>2</sub> en toneladas de CO<sub>2</sub>e acumuladas en T años

CF: es la fracción de carbono

A<sub>i</sub>: es el área de cada tipo de bosque al momento de inicio del proyecto en ha (i= 1 a K)

B<sub>i</sub>: es la biomasa seca viva<sup>15</sup> por hectárea para cada el tipo de bosque al momento de inicio del proyecto en t bs/ha) (i= 1 a K)

G<sub>i</sub>: es el crecimiento medio anual para cada tipo de bosque en t bs/ha/año ((i= 1 a K)

D<sub>i</sub>: es la tasa de deforestación media observada para cada tipo de bosque. Di es negativa si en lugar de deforestación existe recuperación de cobertura (i= 1 a K).

T: es el tiempo transcurrido bajo la condición

K: número de tipos de bosques identificados

Para hacer los cálculos ex – ante de reducción de emisiones se puede usar la metodología usada en el PAP, la cual está basa en la ecuación 1. Esta ecuación sirve tanto para estimar

<sup>15</sup> Biomasa seca total= Biomasa arriba del suelo + biomasa abajo del suelo

los “stocks” de carbono en el escenario base, como para el escenario con proyecto. Para el primer caso los valores de  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $G_i$ , y  $D_i$  a usar son los estimados en el escenario sin proyecto, luego se usa la misma ecuación pero con los valores esperados con el proyecto. La diferencia de los “stocks” estimados en ambos escenarios representan las reducciones de emisiones brutas<sup>16</sup> logradas debidas a las actividades REDD. Hay que notar sin embargo, que los valores que van a diferir en ambos escenarios debieran ser  $D_i$  y  $G_i$ , ya que el área inicial por tipo de bosque ( $A_i$ ), y la biomasa seca por hectárea ( $B_i$ ) por tipo de bosque debiera ser la misma en ambos escenarios para obtener resultados consistentes y conservadores. Lo anterior indica que al inicio del proyecto deberían fijarse los valores de biomasa seca y las tasas de crecimiento esperadas para los tipos de bosque (IMA Biomasa viva) para todo el periodo de ejecución del proyecto REDD, como los que se presentan en la sección 3.4.2.

Los datos que se han recopilado en este trabajo se pueden mejorar usando los datos de parcelas permanentes existentes en Costa Rica, complementados con nuevas parcelas. Para la estimación de biomasa arriba de suelo por árbol, se pueden usar las ecuaciones alométricas existentes (Ortiz, 1997). Estas ecuaciones a su vez pueden mejorarse recopilando datos adicionales de biomasa arriba de suelo en árboles volteados usando procedimientos estándar como los usando por Ortiz (1987).

Las ecuaciones alométricas de biomasa por árbol permiten calcular biomasa por hectárea para cada una de las parcelas permanentes, datos que a su vez sirven para desarrollar ecuaciones de biomasa arriba del suelo por hectárea, usando variables independientes de rodal de fácil medición, tal como número de árboles, área basal ( $G$ ), y altura promedio del rodal ( $H_m$ ), tal como la desarrollada por Cascante y González (2008).

Un paso adicional para obtener estimaciones de biomasa arriba del suelo es relacionar esta variable con mediciones de reflectancia calculadas con sensores remotos multi-espectrales, preferiblemente basados en plataformas satelitales. Este sistema permitiría en última instancia calcular biomasa arriba de suelo usando directamente sensores remotos, lo cual sin lugar a duda reduciría los costos de establecer la línea base y los costo del sistema de monitoreo (MRV).

La biomasa seca debajo de suelo, la cual incluye las raíces, se calcularía usando una razón de biomasa de raíces a biomasa de tallos (R/S ratio) tomado inicialmente de la literatura ( $R/S = 0.26$ , Cains et al., 1997) o los recomendados en el Manual de Buenas Prácticas para LUCLUC del IPCC (2006), o los modificados por Brown et. al. (2007).

### **3.4.1 Valores de Fracción de Carbono disponibles para Costa Rica**

El valor por omisión de la fracción de carbono recomendado por el IPCC es 0,5 (2003 IPCC-Good Practice Guidance for Land Use, Land - Use Change and Forestry. Chapter 3.2.). Sin embargo, para Costa Rica Cubero y Rojas (1999) encontraron que para diferentes

---

<sup>16</sup> Las reducciones de emisiones (ERs) netas son las emisiones brutas menos el aumento de emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEIs) debidas al proyecto menos las fugas (Leakage).

especies de reforestación en Costa Rica es 0,45. No obstante dado que en REDD está relacionado con conservación de bosques naturales es preferible usar el valor de omisión de 0,5. Como parte de las actividades de MRV deberá incluirse actividades para validar el uso de CF=0,5.

### 3.4.2 Revisión de datos de biomasa por tipo de bosque disponibles para ecosistemas de Costa Rica

#### 3.4.2.1 Datos de biomasa para bosques primarios en el PAP

Durante la preparación y certificación del proyecto “Protected Areas Project (PAP)”, el primer proyecto de reducción de emisiones por deforestación preparado por el Gobierno de Costa Rica bajo la dirección de la OCIC en 1997, y que fue presentado como un proyecto de Implementación Conjunta al Gobierno de los Estados Unidos, se hicieron estimaciones de biomasa seca arriba del suelo usando datos existentes a la fecha: a) parcelas de muestreo b) datos de inventarios forestales c) ecuaciones de biomasa existentes (Ortiz, 1997). Los datos de parcelas provienen de Holdridge et al., (1970). Los datos de inventarios forestales fueron usados para estimar biomasa arriba de suelo usando la metodología propuesta por Brown (1997).

Los datos obtenidos para el PAP se presentan en el cuadro 16. El reporte de certificación de la SGS (1997) indica que los datos de biomasa arriba del suelo en el PAP constituyen una buena aproximación para el primera etapa del proyecto, en la medida de que estos permiten calcular un promedio ponderado con sus respectivos límites de confianza, sin embargo, estos deberían mejorarse a largo plazo usando un sistema de muestreo adecuado.

Cuadro 16. Biomasa total (arriba+abajo del suelo) para bosques primarios en diferentes zonas de vida de Costa Rica

Zona de Vida	Biomasa total (t/ha)	SE (t/ha)	N
Bh-T	378,6	77,5	21
Bh-P	320,8	5,8	2
Bmh-T	341,0	24,4	77
Bmh-P	351,9	36,4	28
Bp-P	448,0	77,0	9
Bp-Mb	601,1	63,8	17
Bp-M	509,1	44,1	2

Para América Latina el IPCC GPG-LULUCF presenta los siguientes valores (en t bs/ha) para diferentes tipos de bosque:

	Bosque Húmedo	Húmedo con estación seca corta	Húmedo con estación seca larga	Secos	Montano Húmedos	Montano Secos
Media	347	217	212	78	234	60
Mínimo	118	212	202	45		
Máximo	860	278	406	90		

### 3.4.2.2 Datos de biomasa para bosques secundarios

Los bosques secundarios se pueden clasificar según su estado sucesional en:

Bosque Secundario Temprano (de 4 a 10 años)

Bosque Secundario Intermedio (de 11 a 30 años)

Bosque Secundario Tardío (más de 30 años)

Esta clasificación es útil ya que a nivel de clasificación de imágenes de satélite, y teniendo una secuencia de mapas de cobertura es posible determinar estos tipos de bosque usando un algoritmo como el usado por Calvo et al. (2006). Calvo (2008) cita los datos de biomasa para bosque seco Tropical (bs-T) en Guanacaste Costa Rica que se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Características de tres estadios sucesionales en el bs-T en Guanacaste, Costa Rica

Variable	Bosque Secundario Temprano		Bosque Secundario Intermedio		Bosque Secundario Tardío	
	x	S	x	S	x	S
Altura dominante	7,5	2,2	10,3	3,4	15,0	2,2
Área Basal	11,7	5,4	21,4	6,8	30,1	6,5
No. árboles/ha	1120	640	1300	350	1070	420
No. Especies/0.1ha	15	7	29	5	29	7
Biomasa (t bs/ha)	56	33	109	46	160	43

Fuente. Kalacska et al. 20004

Fonseca (2005) en un estudio en el Área de Conservación Pacífico Central Costa Rica (ACOPAC) hizo una búsqueda de datos publicados de biomasa y crecimiento para bosques secundarios en Costa Rica. Los resultados generales de esta búsqueda se presentan en el cuadro 18. Adicionalmente, Fonseca (2005) estableció parcelas temporales de medición en

diferentes sitios de ACOPAC, de forma que tuviera muestras de bosque secundarios de zonas de vida y diferentes estados sucesionales. Los resultados de la medición de estas parcelas se presentan en el cuadro 19. Utilizando estos datos, es entonces posible aplicar la ecuación 1 (ver sección 3.3) para calcular una línea base para las actividades REDD que podría implementarse Costa Rica dentro del marco del FCPF.

Fonseca (2005) señala que en lo relacionado a bosques secos los estudios más completos, principalmente en la cuantificación del volumen son los realizados por Spittler (2002 a, b), de los cuales se deduce (Cuadro 18), que independientemente de la edad, este ecosistema presenta pocas diferencias en su incremento medio anual en volumen, con una ligera tendencia hacia el aumento conforme avanza la edad de la sucesión.

**Cuadro 18. Resumen de incremento medio anual en volumen y en biomasa encontrado en la literatura (Fonseca, 2005)**

Tipo de Bosque/ Variable	Rango de edad (años)			
	4 -10	11-20	21-35	Mayor a 36
Bosque secos-Tropical				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	2,16	2,54	3,74	2,6
IMA Biomasa (t/ha/año)	1,86	2,19	2,22	2,3
Bosque húmedo y muy húmedo-Tropical				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	11,3	8,92	4,79	4,75
IMA Biomasa (t/ha/año)	11,81	9,03	5,8	9,24

**Cuadro 19. Resumen de incremento medio anual en volumen y en biomasa para bosques secundarios medidos por Fonseca (2005)**

Tipo de Bosque/ Variable	Rango de edad (años)			
	4 -10	11-20	21-35	Mayor a 36
<b>Bosque seco-Tropical</b>				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	11,22	8,23	7,39	6,93
IMA Biomasa (t/ha/año)	9,07	8,03	7,06	7,68
<b>Bosque húmedo Tropical</b>				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	7,61	5,12	12,74	-
IMA Biomasa (t/ha/año)	5,17	5,02	8,83	-
<b>Piso Premontano</b>				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	11,3	13,63	17,61	11,3
IMA Biomasa (t/ha/año)	8,81	9,42	11,74	8,81
<b>Piso Montano</b>				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	7,20	14,76	10,93	19,68
IMA Biomasa (t/ha/año)	6,16	11,53	11,54	21,55
<b>Promedios Globales</b>				
IMA Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	10,44	9,37	10,24	11,18
IMA Biomasa (t/ha/año)	8,04	7,04	8,67	13,79

**Cuadro 20. Biomasa total para bosques en diferentes estadios sucesionales en la Península de Osa, Costa Rica**

Tipo Bosque	Biomasa Total (t bs/ha)	Desviación Estándar	n
Bosque Primario	255,7	57,5	5
Bosque Secundario >30	134,7	3,9	3
Bosque Secundario 15-30	65,4	22,2	3
Bosque Secundario 5-15	27,7	14,5	3

### 3.5 Evaluación de opciones

La línea base para el FCPF y las acciones REDD que implementará Costa Rica en su estrategia se puede establecer de dos formas:

- a) Basada en la tendencia histórica de los stocks de carbono
- b) Calculando el “stocks” de carbono a un año de referencia

Con la primera opción se estima ex ante cuales serían los “stocks” de carbono (en t CO<sub>2</sub>) que tendría el país para los próximos 20 años (al 2030) según la tendencia histórica de los últimos 10 años, es decir los que se esperarían si no se realizan mejoras a las leyes, políticas y programas actuales (ver sección 3.2). Una vez estimada esta tendencia esta se mantiene como fija para toda la duración de la duración de la estrategia (hasta el 2030). Esto último se puede hacer con tres niveles de exactitud como se muestra en la sección 3.5.1.

Durante la ejecución de la estrategia REDD, con el sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación, se vuelve a estimar los stocks de carbono cada 5 años, usando datos reales de campo. La diferencia entre los “stocks” calculados en la línea base, y los estimados con el MRV son las reducciones reales de emisiones que el país ha ganado con la implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF. Reclamar acciones tempranas con esta opción es posible, pero se requiere estimar la tasa de deforestación o recuperación de bosques sin el efecto de las políticas, leyes, y programas de protección y conservación de bosques. Esto ya sido realizado por diferentes autores (Ortiz et al., 2003; Pfaff et al., 2008; y Arriagada, 2008), los cuales han encontrado que la efectividad real es inferior al 27%, por lo que la línea base se puede ajustar usando este factor.

Los cálculos ex ante de la implementación de la estrategia REDD bajo esta alternativa se hacen comparando la línea base de “stocks” calculada, con la proyección de los “stocks” de carbono bajo la opción de con proyecto, es decir, con la opción de implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF. Esta proyección se puede simular con solo traducir los resultados de la implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF, como un aumento porcentual de la tasa de recuperación de bosque que se observa en la línea base. Es decir, traduciendo los resultados de la estrategia REDD a un aumento en la tasa de recuperación de bosques.

La segunda opción es calcular los “stocks” de carbono (en t CO<sub>2</sub>) a un año base, para el cual tengamos buena información de cobertura forestal. Es decir que no tenga un error global de más del 10%, y en el cual se haya identificado cobertura forestal de bosques primarios, secundarios tempranos, intermedios y tardíos. Con esta información, y la presentada en la sección 3.4.2, se calculan los stocks de carbono al año de referencia escogido. En el caso de Costa Rica, esta opción se puede implementar utilizando como año de referencia el 2000, 2005, o el 2010 se si logra realizar con fondos de preparación el mapa de cobertura para el 2010. El año que se escoja es el que determina si el país esta reclamando las reducciones de emisiones por acciones tempranas o no. Si se fija como año de referencia 2005, el país estaría reclamando entonces los incrementos en los stocks de carbono logrados desde ese año, y por otro lado si se fija como año de referencia el 2010, el país no estaría reclamando prácticamente ninguna acción temprana.

Al igual que en el caso anterior, el “stock” de carbono a un año de referencia se puede calcular utilizando niveles de exactitud (ver sección 3.5.2). Durante la ejecución de la estrategia REDD, con el sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación, se vuelven a estimar los stocks de carbono cada 5 años utilizando un nuevo mapa de cobertura, y utilizando los datos de intensidad de biomasa usados para el año base. La diferencia entre los “stocks” calculados al año base, y los estimados con el MRV son las reducciones reales

de emisiones que el país ha ganado con la implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF.

Los cálculos ex ante bajo esta alternativa se hacen proyectando los “stocks” de carbono esperados con la implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF, y restándole los “stocks” calculados al año de referencia escogido. Al igual que el caso anterior, esta proyección se puede simular con solo traducir los resultados de la implementación de la estrategia REDD presentada al FCPF, como un aumento porcentual de la cobertura de bosques que se observa en el año base. Es decir, traduciendo los resultados de la estrategia REDD a un aumento en la cobertura de bosques, clasificados según su estado de desarrollo (primario, secundarios temprano, intermedio y tardío).

### 3.5.1 Basado en tendencia histórica de los stocks de carbono

Para estimar las emisiones de línea base con esta opción se requiere de cuatro tipos de datos: el área observada por cada tipo de bosque (combinación de tipo de tenencia, tipo de ecosistema, grado de intervención, estado de desarrollo (temprano, medio, y tardío), la tasa de deforestación estimada en ausencia de actividades REDD+ por tipo de bosque, la densidad de carbono por uno de estos tipos de bosque, y su tasa de acumulación de biomasa. El conocer la densidad de carbono por tipo de bosque, implica definir los reservorios que se van a incluir en esta estimación (ver Figura 6).

Para cada uno de estos tipos de datos existen diferentes metodologías para su evaluación, y su selección afecta en gran manera la cantidad de créditos de carbón (CERs en t CO<sub>2</sub>-e) generados a partir de la adopción de actividades REDD. En la sección 3.3 se demostró que es posible estimar la línea base usando la ecuación utilizada en el PAP, ya que existe suficiente información para utilizar la ecuación 1. Utilizando los datos existentes, y mejor aun, utilizando los resultados de cobertura del 2010 es posible establecer tanto los de stocks de carbono (en t CO<sub>2</sub>-e) esperados bajo el escenario de “sin Estrategia REDD” como con el escenario de “con Estrategia”.

La aplicación de la ecuación 1, se puede hacer a diferentes niveles de detalle. A nivel de detalle más alto, Nivel 3 se requiere de:

Paso 1: Definiciones	Ejemplo de aplicación en Costa Rica	Observaciones
1.1 Establezca la definición de bosque	Bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más	



	centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)	
1.2 Defina los reservorios de carbono que incluirá en las estimaciones de biomasa	Biomasa viva total= biomasa arriba del suelo+biomasa abajo del suelo	
Paso 2: Estratificación		
2.1 Clasifique los bosque por tipo de protección o tenencia de la tierra	T1: Protección Permanente/Propiedad Estatal T2: Protección Temporal/Reservas Privadas T3: Territorios Indígenas/Territorios Indígenas T4: No protegido/Propiedad Privada	
2.2. Clasifique los bosques por zona de vida	Bs-T: bosque seco tropical Bh-T: Bosque húmedo Tropical Bmh-T: Bosque muy húmedo Tropical Bh-P: Bosque húmedo Premontano Bmh-P: Bosque muy húmedo Premontano Bp-P: Bosque pluvial Premontano Bmh-MB: Bosque muy húmedo Montano Bajo Bmh-M: Bosque muy húmedo Montano ...	
2.3. Clasifique los bosques según estado sucesional	BS1: Bosque secundario temprano BS2: Bosque secundario Intermedio BS3: Bosque secundario Tardío BP: Bosque Primario BI: Bosque Intervenido	
Paso 3: Estime las tasas de recuperación/deforestación por tipo de bosque	Para cada posible combinación de Tipo de protección-Tenencia de la tierra-Zona de Vida-Estado sucesional de bosque estime una tasa de recuperación/deforestación (Di)	
Paso 4. Estime las Áreas iniciales por tipo de bosque	Para cada posible combinación de Tipo de protección-Tenencia de la tierra -Zona de Vida-Estado sucesional de bosque estime el área inicial del estrato en hectáreas (Ai)	
Paso 5. Estime la biomasa inicial por tipo de bosque	Para cada posible combinación de Tipo de protección-Tenencia de la tierra -Zona de Vida-Estado sucesional de bosque estime la biomasa seca por estrato en t bs/ha (Bi) según los reservorios escogidos	
Paso 6. Estime las tasas de acumulación de biomasa por tipo de bosques	Para cada posible combinación de Tipo de protección-Tenencia de la tierra -Zona de Vida-Estado sucesional de bosque estime el IMA en biomasa seca en t bs/ha/año (Gi) según los reservorios escogidos. Por ejemplo para todo tipo de bosque primario G=0	
Paso 7. Defina el valor de Fracción de Carbono	Estime el valor de la fracción de carbono (CF) apropiada para el país	

Paso 8. Estime los “stocks” de carbono bajo el escenario base (sin Estrategia REDD)	Utilizando la ecuación 1 estime los “stocks” de carbono (en t CO <sub>2</sub> ) esperados a cualquier año (T) ya hasta una fecha meta, para cada posible combinación de Tipo de protección-Tenencia-Zona de Vida-Estado sucesional. Luego sume los resultados.	
---	--	--

Para aplicar ecuación 1, a nivel de detalle intermedio o Nivel 2 se podría seguir este procedimiento:

Paso 1: Definiciones	Ejemplo de aplicación en Costa Rica	Observaciones
1.1 Establezca la definición de bosque	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
1.2 Defina los reservorios de carbono que incluirá en las estimaciones de biomasa	Biomasa viva total= biomasa arriba del suelo+biomasa abajo del suelo	
Paso 2: Estratificación		
2.1 Clasifique los bosque por tipo de protección o tenencia de la tierra	T1: Protección Permanente/Propiedad Estatal T2: Protección Temporal/Reservas Privadas T3: Territorios Indígenas/Territorios Indígenas T4: No protegido/Propiedad Privadas	
2.2. Clasifique los bosques por Piso altitudinal	B-T: bosque tropical B-P: Bosque Premontano B-MB: Bosque Montano Bajo B-M: Bosque Montano	
2.3. Clasifique los bosques según estado sucesional	BS: Bosque secundario BP: Bosque Primario BI: Bosque Intervenido	
Paso 3: Estime las tasas de recuperación/deforestación por tenencia de la tierra	Estime únicamente una tasa de deforestación cada posible combinación de Tipo de Protección o Tenencia de tierra (Di) y piso altitudinal.	
Paso 4. Estime las Áreas iniciales por tipo de bosque	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
Paso 5. Estime la biomasa inicial por tipo de bosque	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
Paso 6. Estime las tasas de acumulación de biomasa por tipo de bosques	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
Paso 7. Defina el valor de Fracción de Carbono	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
Paso 8. Estime los “stocks” de carbono bajo el escenario base (sin Estrategia REDD)	(igual que ejemplo en Nivel 3)	

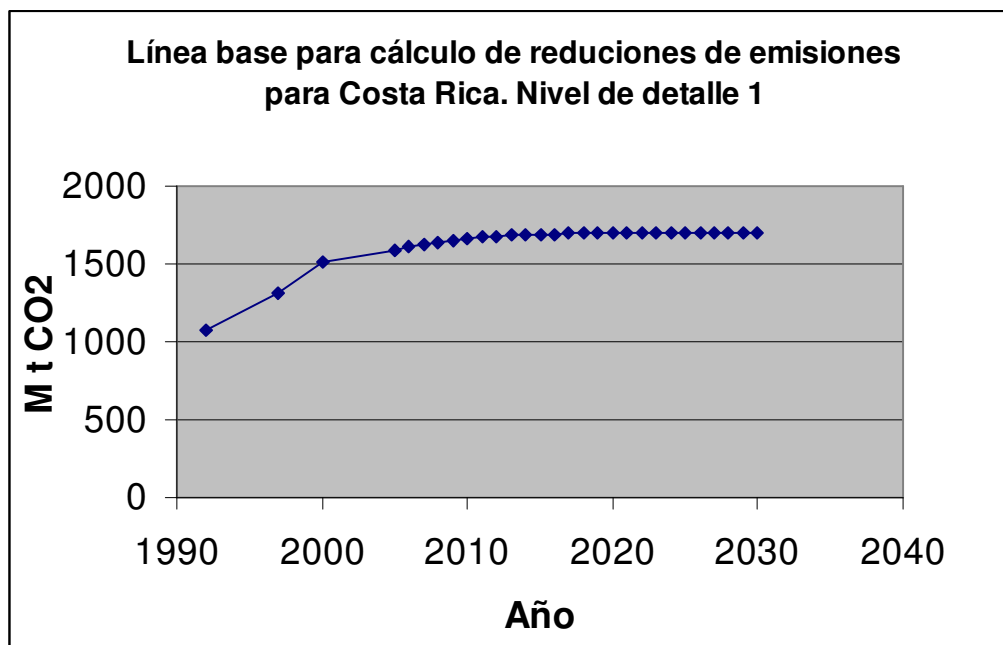
Finalmente, para aplicar ecuación 1, a nivel de detalle general o Nivel 1, se podría seguir este procedimiento:

Paso 1: Definiciones	Aplicación	
1.1 Establezca la definición de bosque	(igual que ejemplo en Nivel 3)	
1.2 Defina los reservorios de carbono que incluirá en las estimaciones de biomasa	Biomasa viva total= biomasa arriba del suelo+biomasa abajo del suelo	
Paso 2: Estime un tasa de recuperación/deforestación general para todo el país	Usando los datos de cobertura estime la tasa o ecuación de recuperación/deforestación nacional (Di)	
Paso 3. Estime las Áreas iniciales de bosque	Usando los datos de cobertura estime el porcentaje y área de bosque inicial para el país (Ai).	
Paso 4. Estime la biomasa inicial	Estime una biomasa inicial para todos los tipos de bosque en el país usando un promedio ponderado. Si desea ser conservador use el límite inferior de la estimación.	
Paso 5. Estime las tasas de acumulación de biomasa	Asuma conservadoramente que las tasas de acumulación de biomasa para todo tipo de bosques es igual a cero (Gi=0)	
Paso 6. Defina el valor de Fracción de Carbono	Use el valor recomendado por el IPCC: CF=0,5	
Paso 7. Estime los “stocks” de carbono bajo el escenario base (sin Estrategia REDD)	Utilizando la ecuación 1 estime los “stocks” de carbono (en t CO <sub>2</sub> ) esperados de cualquier año (T) y a hasta una fecha meta.	

Utilizando el nivel de detalle 1 la línea base para Costa Rica, en términos de “stocks” de carbono (en M t CO<sub>2</sub>) se presenta en el gráfico 6. Esta se estimó usando los siguientes datos:

Variable	Valor usado
Tasa de Recuperación/Deforestación:	$D = 2E+173e^{-0,2011 * \text{Año}}$ (ver sección 3.3)
Área Inicial de bosques al 2005 (51.0%):	2 578 277 ha
Biomasa promedio por tipo de bosque:	374 t bs/ha
Tasa de incremento medio en biomasa(Gi):	0,0
Fracción de Carbono:	0,45

**Figura 7. Estimación de la línea base en “stocks” de CO2 para la estrategia REDD en Costa Rica. Usando Nivel de Detalle 1. Método de tendencia Histórica**



### 3.5.2 Calculando el “stocks” de carbono a un año de referencia

Para estimar los “stocks” de carbono a un año de referencia se requiere de dos tipos de datos: el área observada por cada tipo de bosque (combinación de ecosistema, grado de intervención, estado de desarrollo (temprano, medio tardío) para el año de referencia escogido, y la densidad de carbono por uno de estos tipos de bosque. El conocer la densidad de carbono por tipo de bosque, implica definir los reservorios que se van a incluir en esta estimación (ver Figura 6), y por otro lado para realizar cálculos ex ante de las reducciones de carbono se requiere información de la tasa de acumulación de biomasa para cada tipo de bosque.

Para implementar esta opción existen suficientes datos para el año 2005, y por otro lado la escogencia de este año implica que al país se le estaría reconociendo acciones tempranas REDD acumuladas desde el 2005 a la fecha de inicio de la estrategia REDD. La ecuación para implementar esta alternativa es una variación de la ecuación 1 presentada en la sección 3.4, es esto es:

$$CO_2 = \frac{44}{12} * CF * \sum_{i=1}^k A_{it_0} * B_i$$

(Ecuación 2)

Donde:

CO<sub>2</sub>: es el stock de CO<sub>2</sub> en toneladas de CO<sub>2</sub>e para el año de referencia.

CF: es la fracción de carbono

A<sub>it0</sub>: es el área de cada tipo de bosque estimado para el año de referencia (por ejemplo: 2005).

B<sub>i</sub>: es la biomasa seca viva<sup>17</sup> por hectárea para cada el tipo de bosque al momento de inicio del proyecto en t bs/ha) (i= 1, 2, 3,... a K)

K: número de tipos de bosques identificados

La aplicación de la ecuación 2, se puede hacer a diferentes niveles de detalle. A nivel de detalle más alto o Nivel 3 se requiere de:

Paso 1: Definiciones	Ejemplo de aplicación en Costa Rica	Observaciones
1.1 Escoja el año de referencia	Por ejemplo: 2005	
1.2 Establezca la definición de bosque	Bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)	
1.3 Defina los reservorios de carbono que incluirá en las estimaciones de biomasa	Biomasa viva total= biomasa arriba del suelo+biomasa abajo del suelo	
<b>Paso 2: Estratificación</b>		
2.1. Clasifique los bosques por zona de vida	Bs-T: bosque seco tropical Bh-T: Bosque húmedo Tropical Bmh-T: Bosque muy húmedo Tropical Bh-P: Bosque húmedo Premontano Bmh-P: Bosque muy húmedo Premontano Bp-P: Bosque pluvial Premontano Bmh-MB: Bosque muy húmedo Montano Bajo Bmh-M: Bosque muy húmedo Montano...	
2.2. Clasifique los bosques según estado sucesional	BS1: Bosque secundario temprano BS2: Bosque secundario Intermedio BS3: Bosque secundario Tardío BP: Bosque Primario	

<sup>17</sup>

Biomasa seca total= Biomasa arriba del suelo + biomasa abajo del suelo

	BI: Bosque Intervenido	
Paso 3. Defina el valor de Fracción de Carbono	Estime el valor de la fracción de carbono (CF) apropiada para el país	
Paso 4. Estime la biomasa inicial por tipo de bosque	Para cada posible combinación de Zona de Vida-Estado sucesional de bosque, estime la biomasa seca por estrato en t bs/ha ( $B_i$ ) según los reservorios escogidos	
Paso 5. Estime las Áreas iniciales por tipo de bosque	Para cada posible combinación de Zona de Vida-Estado sucesional de bosque estime el área de estrato ( $A_{it}$ ) para el año de referencia.	
Paso 6. Estime el “stocks” de carbono para el año de referencia.	Utilizando la ecuación 2 estime los “stocks” de carbono (en t CO <sub>2</sub> ) para el año de referencia para cada posible combinación de Zona de Vida-Estado sucesional. Luego sume los resultados.	
Paso 7. Estime las reducciones de emisiones resultantes de la implementación de la estrategia REDD.	Utilizando los pasos 4 a 6 estime el stock de carbono para cualquier año de implementación de la estrategia REDD. La reducción de emisiones debidos la estrategia REDD es igual a la diferencia en stocks de carbono con respecto a los del año de referencia. Note que los pasos 1 a 5 no se varían para calcular las reducción de emisiones, si se hace algún ajuste en ellos debe de volverse a calcular el stocks de carbono al año de referencia.	

Para aplicar ecuación 2, a nivel de detalle intermedio o Nivel 2 se podría seguir este procedimiento:

Paso 1: Definiciones	Ejemplo de aplicación en Costa Rica	Observaciones
1.1 Escoja el año de referencia	Por ejemplo: 2005	
1.2 Establezca la definición de bosque	Bosque: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)	
1.3 Defina los reservorios de carbono que incluirá en	Biomasa viva total= biomasa arriba del suelo+biomasa abajo del suelo	

las estimaciones de biomasa		
Paso 2: Estratificación		
2.2. Clasifique los bosques por Piso altitudinal	B-T: bosque tropical B-P: Bosque Premontano B-MB: Bosque Montano Bajo B-M: Bosque Montano	
2.2. Clasifique los bosques según estado sucesional	BS1: Bosque secundario temprano BS2: Bosque secundario Intermedio BS3: Bosque secundario Tardío BP: Bosque Primario BI: Bosque Intervenido	
Paso 3. Defina el valor de Fracción de Carbono	Estime el valor de la fracción de carbono (CF) apropiada para el país	
Paso 4. Estime la biomasa inicial por tipo de bosque	Para cada posible combinación de piso altitudinal y estado sucesional de bosque, estime la biomasa seca por estrato en t bs/ha ( $B_i$ ) según los reservorios escogidos	
Paso 5. Estime las Áreas iniciales por tipo de bosque	Para cada posible combinación de combinación de piso altitudinal y estado sucesional de bosque estime el área de estrato ( $A_{it}$ ) para el año de referencia.	
Paso 6. Estime el “stocks” de carbono para el año de referencia.	Utilizando la ecuación 2 estime los “stocks” de carbono (en t CO <sub>2</sub> ) para el año de referencia para cada posible combinación de combinación de piso altitudinal y estado sucesional de bosque. Luego sume los resultados.	
Paso 7. Estime las reducciones de emisiones resultantes de la implementación de la estrategia REDD.	Utilizando los pasos 4 a 6 estime el stock de carbono para cualquier año de implementación de la estrategia REDD. Las reducciones de emisiones debidos la estrategia REDD es igual a la diferencia en stocks de carbono con respecto al del año de referencia. Note que los pasos 1 a 5 no se varían para calcular las reducción de emisiones, si se hace algún ajuste en ellos debe de volverse a calcular el stocks de carbono al año de referencia.	

La aplicación de esta metodología implica la preparación de cuatro tablas, las cuales deben consistentemente prepararse para cada año de reporte de implementación de la estrategia REDD o evento de monitoreo. Estas tres tablas son:

- Tabla de cálculo de áreas por tipo de bosque
- Tabla de intensidades de biomasa por tipo de bosque
- Tabla de fracciones de carbono general o por tipo de bosque
- Tabla de estimación de biomasa por tipo de bosque y del stock de carbono total (en M t CO<sub>2</sub>e)

Utilizando el método de stock de carbono aplicado al año 2005, y el nivel de detalle 1, el stock de carbono para Costa Rica sin incluir plantaciones se estima en 1538,3 M t CO<sub>2</sub> (ver Cuadro 21). En los cuadros 21, 22, 23 se presenta la información de base utilizada para hacer las estimaciones. Se uso una fracción de carbono de 0,45 para todos los tipos de bosque.

**Cuadro 21. Datos de área por tipo de bosque utilizados en la estimación del stock de carbono para Costa Rica para el año de referencia: 2005**

Zona de Vida	NOMBRE	Area ( ha)			
		Bosque Primario	Bosque secundario temprano	Manglar	Bosque Palmas
bs-T	Bosque seco Tropical	88803	18480	4504	0
bh-T	Bosque húmedo Tropical	286453	59973	12280	3454
bmh-T	Bosque muy húmedo Tropical	479911	18590	1349	5574
bh-P	Bosque húmedo Pre-montano	170412	35244	13447	0
bmh-P	Bosque muy húmedo Pre-montano	513285	34832	10504	12194
bp-P	Bosque pluvial Pre-montano	350650	8390	0	0
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo	2792	428	0	0
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	56525	4457	0	0
bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo	315027	3868	0	0
bmh-M	Bosque muy húmedo Montano	662	89	0	0
bp-M	Bosque pluvial Montano	104955	698	0	0
Pp-SA <sup>18</sup>	Bosques pluvial Sub-alpino	0	0	0	0
<b>Totales</b>		<b>2369476</b>	<b>185049</b>	<b>42084</b>	<b>21221</b>

<sup>18</sup> No califica como bosque según la definición de bosque escogida en sección 3.1



**Cuadro 22. Datos de Biomasa por tipo de bosque utilizados en la estimación del stock de carbono para Costa Rica para el año de referencia: 2005.**

Zona de Vida	NOMBRE	Biomasa ( t bs/ha)			
		Bosque Primario	Bosque secundario temprano	Manglar	Bosque Palmas
bs-T	Bosque seco Tropical	160	63,49	80	NA
bh-T	Bosque húmedo Tropical	341	36,19	170,5	136,4
bmh-T	Bosque muy húmedo Tropical	379	36,19	189,5	151,6
bh-P	Bosque húmedo Pre-montano	321	61,67	160,5	NA
bmh-P	Bosque muy húmedo Pre-montano	352	61,67	176	140,8
bp-P	Bosque pluvial Pre-montano	448	61,67	NA	NA
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo	450	43,12	NA	NA
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	408	43,12	NA	NA
bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo	601	43,12	NA	NA
bmh-M	Bosques muy húmedo Montano	308	43,12	NA	NA
bp-M	Bosques pluvial Montano	509	43,12	NA	NA
pp-SA	Páramo pluvial Sub-Alpino	20	NA	NA	NA

**Cuadro 23. Estimación de la biomasa seca (en M t bs) para Costa Rica en el año de referencia: 2005 utilizando nivel de detalle 1 (sin incluir plantaciones)**

Zona de Vida	Bosques Primarios	Bosque Secundarios Temprano	Manglares	Palmas	Sub-total
bs-T	14,2	1,2	0,4	0,0	15,7
bh-T	97,7	2,2	2,1	0,5	102,4
bmh-T	181,9	0,7	0,3	0,8	183,7
bh-P	54,7	2,2	2,2	0,0	59,0
bmh-P	180,7	2,1	1,8	1,7	186,4
bp-P	157,1	0,5	0,0	0,0	157,6
bh-MB	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3
bmh-MB	23,1	0,2	0,0	0,0	23,3
bp-MB	189,3	0,2	0,0	0,0	189,5
bmh-M	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
bp-M	53,4	0,0	0,0	0,0	53,5
Pp-SA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sub-total	953,5	9,3	6,7	3,0	
Total Biomasa (M t bs)	972,54				
Total CO <sub>2</sub> (M t CO <sub>2</sub> ) <sup>19</sup>	1604,69 <sup>20</sup>				

### 3.5.3 Escenario de Referencia Basado en Escenarios de desarrollo

Cerca de un 41 % de la cobertura forestal nacional se encuentra bajo algún grado de protección (Permanente, Temporal, Parcial) en diferentes Áreas Silvestres Protegidas. Esto implica que un 59 % de la cobertura forestal está en propiedad privada, bajo la protección de la Ley Forestal 7575 y la Ley Indígena que prohíben la deforestación de terrenos cubiertos con bosques. En la sección 3.4 se demostró que la mayor proporción de pérdida o recuperación de cobertura forestal se desarrolló en tierras de propiedad privada, ya que son las tierras en donde sus propietarios podrían actuar en primera instancia ante factores económicos (mercado-precios-necesidad de ingresos al corto plazo) y sociales (aumento población, cambio de valores culturales) a los cuales se ve expuesta Costa Rica en la actual economía global.

El marco legal del escenario base está descrito en la sección 3.2. Según este marco legal, el país se puede distinguir entonces tres tipos de tierras:

<sup>19</sup> 1 Mega tonelada de CO<sub>2</sub> es igual a 1000 Ggr de CO<sub>2</sub>

<sup>20</sup> Estimado usando una fracción de carbono de 0,45

- a) Territorios Indígenas
- b) Áreas Silvestres Protegidas
- c) Tierras de propiedad privada

En cada una de estas categorías está explícitamente prohibido el cambio de uso de terrenos cubiertos con bosque. Por otro lado la ley de Conservación, Manejo y Conservación del suelo, propone limitaciones al sobre-uso del suelo, por lo que progresivamente como se vaya aplicando esta ley, y con las certificaciones de Uso Conforme exigidas por la Ley, el país tenderá a hacer un ordenamiento territorial de su territorio. Las áreas actuales con cobertura forestal solo podrán incrementarse, ya que la Ley Indígena y la Ley Forestal prohíben la deforestación. Es decir que progresivamente los terrenos de capacidad de uso forestal deberán ser cubiertos con bosque, y los bosques en terrenos de uso agrícola o ganadera deberían permanecer, a menos de que se pueda hacer un arreglo o compensación, el cual no está actualmente permitido en por la legislación existente.

Bajo este marco legal, y asumiendo que este será aplicado efectivamente por el Estado y que no va ser modificado, el establecer la línea base REDD basado en un escenario de desarrollo no es viable, ya que las leyes existentes serán las que marcarán la tendencia de ordenamiento territorial.

Sin embargo, Calvo (2008) anota que: “Muchos han asociado el éxito del aumento en la extensión de la cobertura forestal con la aplicación de leyes, políticas, programas forestales y de conservación después de los años 80’s, incluyendo los incentivos de conservación de bosques, la creación de áreas de protección, el impulso de la reforestación y últimamente el PSA (e.g. Castro y Arias, 1998; MINAET, 2002). No obstante un análisis más integral de la dinámica de la cobertura forestal revela que el aumento de la extensión de cobertura forestal, después de los años 80’s, se relaciona igualmente con cambios estructurales de la economía, como la caída del precio internacional de la carne, principalmente. Por lo tanto las leyes, políticas y programas tuvieron más que todo un efecto de reforzar las tendencias de recuperación de cobertura forestal ya en proceso. Al menos en el caso de Guanacaste, que sería el más complejo en cuanto la dinámica de cobertura forestal del país, se ha argumentado que los incentivos de conservación y PSA no fueron el disparador más importante de la restauración de la cobertura forestal de esta provincia, que es la que presentó mayor restauración de cobertura forestal desde los 80’s (Calvo-Alvarado et al. 2009)”.

Calvo (2008) en el Decimoquinto Informe del Estado de la Nación argumenta que:

1. “...que siendo las causas de la restauración de cobertura forestal inicialmente relacionadas con cambios de los factores estructurales de la economía, la sostenibilidad de la extensión de la cobertura forestal no se puede garantizar solo con el PSA, las leyes y las políticas de conservación. En efecto, desde el año 2000 el país vuelve a tener un giro en su estructura económica que modifica de nuevo los factores y mecanismos que controlan la dinámica del uso de la tierra. Entre estos cambios están los mejores precios y mercados de exportación para la carne y cultivos de exportación, aumento exponencial en el mercado inmobiliario y de la infraestructura turística (Calvo-Alvarado et al. 2009). Estos factores

han presionado por el cambio de uso de los bosques y por una mayor fragmentación de los mismos”.<sup>21</sup>

2. Y que dado que “...la crisis económica global acaecida finales del 2008 puso un alto al crecimiento del mercado inmobiliario, expansión de cultivos de exportación y del posible fomento de los biocombustibles, pero una vez recuperado los mercados de esta crisis es posible que se regrese a la condición anterior. Un retorno a las condiciones pre-crisis motivaría a los propietarios de tierras con bosques en sitios con alto valor turístico, inmobiliario, o tierras adecuadas para la agricultura, al cambio de uso de la tierra, incrementando la fragmentación y/o la pérdida total de cobertura forestal”

3. Entonces el “...PSA en este escenario no podría competir con el costo de oportunidad de estas tierras, quedando solo la aplicación de la ley como la única herramienta para evitar el cambio de uso”.

4. Por lo tanto hay tres conclusiones “...con respecto a la vulnerabilidad y conservación de la cobertura forestal:

a) muy probablemente la tendencia a seguir aumentando la extensión de la cobertura forestal, experimentada desde los años 80’s, ha llegado a su fin. El país en adelante experimentará en el mejor de los casos tasas de pérdida y restauración equivalentes en distintas partes del país, que se compensan,

b) el retorno al escenario económico precrisis probablemente continúe presionando por el cambio de uso de los bosques secundarios y tardíos en zonas de alto valor inmobiliario, turístico y de producción agrícola o pecuaria.

c) Las capacidades del estado de aplicar la ley frente a estos factores de cambio son dudosas por el complejo dilema esgrimido de "desarrollo *vs* conservación", los intereses económicos que se juegan y por las mismas deficiencias del estado en la administración y tutela de este recurso. Dependiendo de la magnitud y dirección del cambio de estos factores y de la capacidad de reacción del estado, la extensión nacional de la cobertura forestal puede disminuir o en el mejor de los casos verse aún más fragmentada.”

### **3.6 Evaluación de capacidades por opción**

Después de analizar la información existente se concluye que Costa Rica está en capacidad de establecer su escenario de referencia REDD con la información existente, y a un nivel de detalle 1 y 2 (ver sección 3.5).

Utilizando el mapa de cobertura forestal del 2005, así como los datos de biomasa para los diferentes tipos de zonas de vida se puede estimar los “stocks” de CO<sub>2</sub> existentes para esta fecha. Estos “stocks de CO<sub>2</sub>” serían el escenario de referencia contra el cual se puede medir la ejecución la adopción (intensificación) de políticas REDD mejoradas que presente el país al FCPF, es decir, que el éxito de las actividades REDD, y la reducción de emisiones se

---

<sup>21</sup> Esta observación es consistente con el aumento en la deforestación reportada en el periodo 2000-2005.

evaluarían midiendo el aumento de los “stocks” de carbono, utilizando como referencia los calculados para el año 2005. Esto implica que en el sistema de monitoreo se requiere volver a estimar los “stocks” de carbono para una fecha futura, por ejemplo el año 2010, lo cual se puede hacer de igual forma, estos utilizando un mapa de cobertura del 2010, y los mismos datos de intensidad de biomasa existente a la fecha.

Al utilizarse los mismos datos de biomasa, se garantiza que el efecto de las políticas REDD es básicamente el efecto del aumento de la cobertura forestal, y/o en la mejora de los tipos de bosques (es decir bosques secundarios que hay mejorado su estructura en términos de tamaño de árboles y número de árboles). Es importante notar aquí entonces que lo que se requiere es definir una metodología para estimar biomasa en función de variables como área basal (m<sup>2</sup>/ha), altura promedio, y número de árboles, y seguir aplicando esta metodología consistentemente en diferentes años de monitoreo. El cambio en los “stocks”, será entonces las reducciones de emisiones, y solo se podrán deber a:

- a) cambio en área de cada tipo de bosque, y/o
- b) cambios en la estructura del bosque, capturando así el efecto de las acciones para evitar la degradación de los bosques.

La cantidad de emisiones se puede calcular ex - ante utilizando una tasa de deforestación esperada en condiciones de “sin Estrategia” REDD, versus una tasa hipotéticas bajo la alternativa REDD. Las reducciones de emisiones reales, ex - post, se calculan con el sistema de monitoreo, que básicamente consiste en monitorear o calcular a) cobertura forestal según tipos de bosque.

### **3.7 Datos adicionales y capacidades**

Hay tres definiciones estratégicas que hay que discutir y tomar:

1. Para no crear incentivos perversos, ninguna política, ley, o actividad previa para control de la reforestación o para fomentar el manejo sostenible de bosques será tomada en cuenta en la definición del escenario de línea base, esto es, el escenario de referencia se preparará bajo la situación hipotética de que tales políticas, leyes o programas no existen al momento de iniciar la estrategia REDD.
2. Hay que definir como se tratarán los “stocks” que actualmente ha recuperado el país. La protección de “stocks” tiene un costo de mantenimiento, y por otro lado el lograr su incremento tiene un costo adicional. Una posibilidad es tratar estos “stocks” como una cuenta de banco. Si la cuenta actual se estima en 522 M t de CO<sub>2</sub> (ver sección 3.5), esta puede incrementarse con acciones REDD mejoradas o ampliadas. Para poder financiar estas actividades se requiere financiamiento adicional al proporcionado en el PSA, que tiene que venir de que se le reconozca a Costa Rica parte del valor del stock almacenado.
3. Como fecha de inicio de la Estrategia REDD y por consiguiente para el cálculo de reducción emisiones (ERs) derivadas de este, se debe definir una fecha de inicio de la

estrategia, por ejemplo: la fecha de aprobación de Plan de Acción de Bali (decisión 2/CP.13) (13/12/2007).

4. Como datos adicionales se debe considerar desde ahora el mecanismo y alianzas que requiere FONAFIFO para que se prepare el mapa de cobertura forestal para el 2010. Esta alianza debe establecerse de forma que este mapa no solo se haga con tiempo sino usando la misma metodología usada en mapa del 2005.

5. Por otro lado, se deben establecer más parcelas de monitoreo, usando la Red de Parcelas Permanentes, pero siguiendo un diseño de muestreo que permita generar información para los niveles de detalle 2 y 3 de la sección 3.5, y llegar a desarrollar un metodología que permita estimar biomasa arriba del suelo, utilizando variables de rodal tal como área basal, número de árboles por hectárea, y altura media del rodal.

6. Finalmente, se debe hacer una alianza o carta de entendimiento con la Red de Parcelas permanentes para usar las parcelas existentes para obtener mejores estimados de biomasa total por zona de vida y estado sucesional, y así perfeccionar los datos presentados en el Cuadro 22 de este informe.

### **3.7.1 Disponibilidad de asistencia técnica**

Existe experiencia previa para estimar líneas base de proyecto REDD a través del Proyecto PAP, y el proyecto CARFIX. Esta experiencia se puede extender a otros participantes del FCPF. Así mismo se tiene experiencia en la preparación de ecuaciones para estimar biomasa por árbol, y por unidad de área. Por otro lado, el país ha acumulado una experiencia de más de 12 años en la implementación de mecanismos de mercado, tal como el PSA, como herramienta de incentivos positivos para controlar deforestación y degradación de bosques.

### **3.7.2 Colaboración con organizaciones locales e internacionales**

Se requiere mejorar las estimaciones de cobertura para el 2010 usando una metodología estandarizada. Las opciones para preparar este mapa son el uso de sensores tales como ASTER, o el sensor Chino-Brasileño. No se tiene experiencia de trabajo con estos sensores, y será necesario establecer alianzas de colaboración con China y Brasil, tanto para tener acceso a las imágenes de su sensor, como para la capacitación de personal costarricense en su uso, y así poder adaptar la metodología usado en los mapas de cobertura del 2000 y del 2005

### **3.7.3 Beneficios de preparar escenario de referencia sub-nacionales**

No se considera conveniente el preparar escenario de referencia sub-nacionales, ya que el tamaño del país, y su situación política no lo amerita.

### 3.7.4 Escenario de referencia regional

No se considera conveniente el preparar escenario de referencia regional, entiendo esto como un escenario para la Región Centroamericana. Esta opción no es necesaria ya que existen datos suficientes para estimar el escenario de referencia usando el Nivel 1 o 2 de la sección 3.5.

### 3.8 Presupuesto

<b>Tabla 24: Resumen de las Actividades y del Presupuesto del Escenario de Referencia</b>						
<b>Actividad Principal</b>	<b>Sub. Actividad</b>	<b>Costo Estimado (en miles de US\$)</b>				
		<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Total</b>
Mapa de cobertura Forestal 2010	Taller definiciones y alcances	\$3000	\$	\$	\$	<b>\$3000</b>
	Elaborar Mapa de Cobertura 2010	\$83000	\$83000			<b>\$ 83000</b>
	Verificar de Campo		\$20000	\$	\$	<b>\$20000</b>
	<b>Sub-Total</b>	<b>\$86000</b>	<b>\$103000</b>			<b>\$ 186000</b>
Establecimiento y remediación de PPM para complementar datos de biomasa por Zona de Vida	Taller para estandarizar normas y número	\$3000	\$	\$	\$	<b>\$3000</b>
	Establecimiento y medición de parcelas	\$105000	\$105000	\$	\$	<b>\$ 210000</b>
	<b>Sub-total</b>	<b>\$108000</b>	<b>\$105000</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$213000</b>
Calculo de Biomasa para parcelas existentes de la Red de Parcelas Permanentes y Parcelas de Holdridge	Trabajo con parcelas de Holdridge	3000				<b>\$3000</b>
	Trabajo con parcela de la Red de Parcelas	5000				<b>\$5000</b>
	<b>Sub-total</b>	<b>\$8000</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$ 8000</b>
<b>Total</b>		<b>\$202000</b>	<b>\$208000</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$ 410000</b>
Gobierno Nacional		\$	\$	\$	\$	<b>\$</b>
<b>FCPF</b>		<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>
Programa UN-REDD (si aplica)		\$	\$	\$	\$	<b>\$</b>
Otro Aliado para el Desarrollo 1 (nombre)		\$	\$	\$	\$	<b>\$</b>
Otro Aliado para el Desarrollo 2 (nombre)		\$	\$	\$	\$	<b>\$</b>
Otro Aliado para el Desarrollo 3 (nombre)		\$	\$	\$	\$	<b>\$</b>

## **Componente 4: Diseño de un Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación**

### **4.1 Introducción**

El propósito de este componente es diseñar un sistema de monitoreo de a) las reducciones de emisiones producto de la implementación de la estrategia REDD en relación con el escenario de referencia, y b) los beneficios e impactos a lo largo del tiempo de la misma. El sistema de monitoreo debe incluir además subsistemas de generación de informes que puedan ser verificables y de almacenamiento de información.

Los países que implementen la estrategia REDD deberán demostrar reducciones de emisiones creíbles en la deforestación y/o en la degradación de los bosques, en comparación con el escenario de referencia para obtener incentivos financieros basados en resultados concretos. Según lo expuesto en la sección 3, una vez iniciada la estrategia REDD se requiere estimar los stocks de carbono (en t CO<sub>2</sub>-e) a una determinada fecha, y compararlo con las existencias de carbono (carbon stocks) de la línea base. La diferencia entre ambos stocks de carbono son las reducciones de emisiones reales derivadas de la implementación de la estrategia REDD.

La metodología general requiere de tres datos, a) un mapa de cobertura actualizado a la fecha de cálculo de las reducciones de emisiones, b) intensidades de biomasa por tipo de bosque en el mapa de cobertura, y c) la fracción de carbono por unidad de biomasa (CF). Esto implica que se debe tener una metodología estándar para preparar el mapa de cobertura forestal, la cual debe ser igual a la usada en los mapas con que estableció el escenario de referencia de la estrategia REDD. El mapa de referencia entonces se actualiza a cada evento de monitoreo, y la fracción de carbono (CF) y las intensidades de biomasa por tipo de cobertura pueden quedar fijas o variar con respecto a las usadas en el cálculo del escenario de referencia. Lo anterior indica que la estimación de los “stocks de carbon” (en t CO<sub>2</sub>-e) durante la implementación de la estrategia REDD se puede hacer de varias formas, en este capítulo se evalúan las opciones posibles y se dan lineamientos para el monitoreo de la implementación de la estrategia REDD.

### **4.2 Monitoreo y cálculo de Reducción de Emisiones (estimaciones ex - post)**

Para calcular ex - post las reducciones de emisiones debidas a la estrategia REDD se debe usar un método basado en el cálculo de la diferencia en las existencias de carbono (Carbon Stock Change Method). Este método permite estimar los cambios en stocks para cualquier “pool” o sumidero, es recomendable para estimar emisiones debido a deforestación y degradación de bosques, y requiere de estimaciones sucesivas de los contenidos de carbono para cualquiera de los sumideros.

La metodología puede usarse de diferentes formas, pero requiere de que a diferentes ocasiones en tiempo se tenga información de a) una estimación del área para cada tipo de bosque definido en el escenario de referencia, b) las intensidades de biomasa para cada tipo



de bosque, y c) de una fracción de carbono (CF) adecuada para cada tipo de bosque si es necesario. La metodología requiere de mediciones sucesivas cada 5 o 6 años, y puede aplicarse de diferentes formas.

#### **4.2.1 Opciones del monitoreo de los cambios en el “stock” de carbono (Carbon Stock Change Method)**

**Opción 1.** Fijar la fracción de carbono y las intensidades de biomasa por tipo de bosque para todo el periodo de acreditación al momento de establecer el escenario de referencia, es decir los presentados en el cuadro 22 de este informe. Estos datos se usan en forma consistente para calcular los stocks de carbono en diferentes eventos de monitoreo. En los cálculos ex-ante necesarios para preparar los flujos financieros de la estrategia se usan estos datos, y una cobertura proyectada.

Con esta opción, en ocasiones sucesivas solo se debe hacer un nuevo mapa de cobertura vegetal que permita estimar el área para cada tipo de bosque definido en el escenario de referencia (ver cuadro 21). El stock de carbono en cada evento de monitoreo es igual al área por tipo de bosque, multiplicada por la intensidad de biomasa por tipo de bosque, y por la fracción de carbono fijado al inicio de la estrategia. Los créditos generados son la diferencia entre las existencias de carbono entre dos ocasiones sucesivas de monitoreo. Si se variaran las intensidades de biomasa por tipo de bosque o la fracción de carbono, se debe recalcular los stocks de carbono del escenario de referencia (es decir el presentado en el cuadro 23), y los calculados en eventos de monitoreo anteriores al cambio, para poder calcular las reducciones de emisiones consistentemente.

**Opción 2.** No fijar las intensidades de biomasa por tipo de bosque o la fracción de carbono, sino que usar información preliminar disponible al inicio de la estrategia para establecer el escenario de referencia (ver cuadro 22). Para cálculos ex - ante de los flujos financieros de la estrategia se usan estos datos, y una cobertura proyectada.

Luego como parte de la implementación de la estrategia se recopilan más datos para perfeccionar las estimaciones iniciales de intensidades de biomasa y para la fracción de carbono (CF) por tipo de bosque. Esto se logra estableciendo parcelas permanentes en diferentes tipos de bosque, se perfeccionan las ecuaciones alométricas existentes (Ortiz, 1997; Fonseca, 2009) para biomasa por árbol, así como las metodologías<sup>22</sup> para estimar más fácilmente biomasa por unidad de área usando tanto variables de rodal (número de árboles, altura, y área basal), o se preparan nuevos métodos usando sensores remotos, que relacionen valores de reflectancia espectral y con biomasa arriba del suelo por tipo de bosque.

Durante un evento de monitoreo cada 5 años, se calculan las áreas por tipo de bosque definidas en el escenario de referencia (zona de vida, ecosistema y estado sucesional), y se usan los nuevos datos de cobertura para calcular los stocks de carbono en ese momento. Cada vez que haya un cambio en la metodología de estimación de las intensidades de biomasa por tipo de bosque o en los valores de la fracción de carbono, estos se aplican al

---

<sup>22</sup> Cascante y González (2008), o Fonseca (2009).

cálculo de los stocks de carbono de eventos de monitoreo anteriores, incluyendo los stocks de carbono del escenario de referencia.

**Opción 3.** La tercera opción es la del inventario forestal continuo con parcelas de área fija. En este sistema en cada evento de monitoreo se calculan las existencias de carbono usando parcelas de muestreo temporales. En cada evento primeramente se prepara un mapa de cobertura vegetal que permita calcular el área de cada tipo de bosque definido en el escenario de referencia. Luego usando este mapa se establecen en cada tipo de bosque, parcelas de muestreo de área fija en donde se determina para cada árbol en la parcela la especie, su diámetro y altura, y luego se calcula por parcela volumen, área basal, biomasa total, diámetro medio, altura media, etc. Se calcula la biomasa promedio y CF por tipo de bosque, y luego stocks de carbono total se calculan multiplicando por el área estimada por cada tipo de bosque.

Esto se hace cada cinco años, no se usan parcelas permanentes, para hacer más eficiente el sistema de monitoreo, y la diferencia en stocks de cada cinco años con respecto al escenario de referencia son los créditos por reducción de emisiones debidos a la estrategia REDD. Durante la ejecución de la estrategia se mejoran las ecuaciones alométricas de biomasa por árbol o por unidad de área, pero si hay cambios en las ecuaciones se debe recalcular los stocks de los periodos anteriores, así como los stocks del escenario de referencia.

**Opción 4.** La cuarta opción es la del inventario forestal continuo con parcelas de área variable (point-samplig). En esta opción se prepara un mapa de cobertura forestal en cada ocasión de monitoreo, y se calcula el área total. No hace falta distinguir tipos de bosques y estados sucesionales inicialmente. Sobre este mapa se establecen puntos de muestreo sistemáticamente (1000 a 2000), luego se visita cada punto, se evalúa el tipo de bosque y se calcula biomasa por hectárea correspondiente al punto usando ecuaciones alométricas por árbol o por unidad de área existentes. Este tipo de muestreo permite calcular la proporción de puntos según cada tipo de bosque y sus intensidades de carbono (en t CO<sub>2</sub>/ha) que multiplicados por el área total de bosques del mapa de cobertura y sumando, se estiman el “stock” de carbono total, y su varianza, error de muestreo, etc. Durante la ejecución de la estrategia se puede mejorar las ecuaciones alométricas de biomasa por árbol y unidad de área, pero si hay cambios en las ecuaciones se debe re-calcular los stocks de los periodos anteriores, así como los stocks del escenario de referencia usando las nuevas ecuaciones.

En estos puntos de muestreo se usa una metodología de medición de biomasa usando ecuaciones por árbol, o por unidad de área como las preparadas por Cascante y González (2008), Fonseca (2009), o la presentada en la Figura 8.

#### **4.2.2 Evaluación de opciones**

Las opciones presentadas anteriormente pueden evaluarse según cinco criterios:

- Costo de preparación de mapa de cobertura de bosques
- Costo de mediciones en el campo
- Efectividad en la evaluación de la deforestación

- Efectividad en la evaluación de la degradación de bosques
- Valor agregado y participación nacional

Los primeros dos criterios se auto-explican y lo que evalúan son los costos derivados del uso de la cada opción. Para las opciones 1, 2, y 3 se requiere la preparación de un mapa de cobertura detallado por tipos de bosque, mientras que en la opción 4 solo se requiere un mapa de cobertura bosque sin identificar tipos de bosque. En el campo se establecen puntos de muestreo, y se evalúa biomasa usando mediciones con parcelas de área variable (point sampling), estos datos luego se pueden utilizar para clasificar con mayor detalle el mapa de cobertura inicial si es necesario. Por esta razón la opción 4 tiene mayor puntaje en lo referente a costos de preparación del mapa de cobertura (ver cuadro 25). En lo referente a los costos de trabajo de campo, las opciones de menor costo, y por lo tanto de mayor puntaje son la 1 y 2, ya que no son intensivas en trabajo de campo, mientras que las opciones 3 y 4 son altamente costosas, aunque comparando las opciones 3 y 4, la última es la menor costo.

Todas las opciones son capaces de evaluar deforestación por lo que tienen igual puntaje, sin embargo, las opciones 1 y 2 no son efectivas para evaluar degradación ya que dependen de si la metodología para preparar el mapa de cobertura es capaz de identificar bosque degradados, lo cual es difícil de hacer usando los sensores remotos de resolución espacial media (10x10 o 30x30), a menos de que se utilicen además de estos, otros de mayor resolución espacial (1x1, 2,4 x 2,4) para estimar en los coberturas de bosque primario los porcentajes de bosque degradado. Por otro lado, las opciones 3 y 4 si están en capacidad de evaluar degradación de bosques, ya que estas involucran la estimación directa en el campo de la biomasa para cada tipo de bosque, y permite la identificación en el campo de bosques degradados.

Finalmente, el criterio de valor agregado y participación nacional, evalúa el desarrollo de capacidad nacional y la participación de diferentes actores según cada opción. La opción 1 es la de menor valor, ya que esta no genera experiencia nacional o permite participación amplia de diferentes actores en comparación con las otras opciones. Las opciones en la que se prevé mayor participación y generación de valor agregado para el país son las opciones 3 y 4, debido a que en ambas opciones permiten que el país ponga en marcha un sistema de inventario forestal nacional, el cual involucra la participación de diferentes actores nacionales, y genera información de mayor detalle de la biomasa, volumen, área basal, etc. para diferentes tipos de bosque del país.

**Cuadro 25 Evaluación de opciones de monitoreo de los cambios en existencias “stocks” de carbono.<sup>23</sup>**

<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Opción 1</b>	<b>Opción 2</b>	<b>Opción 3</b>	<b>Opción 4</b>
Costo debido a mapa de cobertura	2	2	2	3
Costo debido a mediciones en el campo	4	2	0	1
Evalúa deforestación	4	4	4	4
Evalúa degradación	1	1	4	4
Valor agregado y participación nacional (comunidades, ONGs, etc.)	0	3	4	4
	11	12	14	16

#### **4.2.3 Valores de Fracción de Carbono disponibles para Costa Rica**

El valor por omisión de la fracción de carbono recomendado por el IPCC es 0,5 (2003 IPCC-Good Practice Guidance for Land Use, Land - Use Change and Forestry. Chapter 3.2.). Sin embargo, para Costa Rica Cubero y Rojas (1999) encontraron que para diferentes especies de reforestación en Costa Rica es 0,45. No obstante dado que en REDD está relacionado con conservación de bosques naturales, cuya composición florística es muy variada, y con especies con densidad de madera mayor a la de las especies usadas por Cubero y Rojas, es necesario incluir como parte de las actividades de MRV el cálculo de la fracción de carbono para diferentes tipos de cobertura. La metodología para hacer estos cálculos fue descrita con detalle por Cubero y Rojas (1999).

#### **4.2.4 Monitoreo de cobertura de la tierra y cambios de cobertura de bosques**

El monitoreo del uso de la tierra y cambio de uso tiene como objetivo estimar las áreas por tipo de bosque, información que se requiere para calcular las “existencias” de carbono (en t CO<sub>2</sub>) durante un evento de monitoreo, así como monitorear la efectividad de la estrategia REDD, identificar frentes de recuperación y pérdida de bosque que permita ajustar las

<sup>23</sup> Escala: De 0 a 4, siendo 0 el valor más bajo para evaluar el criterio, y expresa que no cumple o posee el valor más bajo de cumplimiento con lo indicado con el criterio de evaluación, 4 el valor más alto e indica que cumple mejor con la expresado en el criterio.

actividades de la estrategia REDD. Los cálculos de área para cada tipo de bosque es más eficientemente hecha usando teledetección o sensores remotos, y para que haya consistencia en los cálculos de las áreas por tipo de bosque a diferentes años debe usarse una metodología similar durante cada evento de monitoreo.

El mapa de cobertura debe prepararse de forma que se incluya los mismos tipos de bosque identificados en el escenario de referencia, y usando una metodología igual a la usada para preparar el mapa de cobertura del escenario de referencia. Según se presentó en la sección anterior (ver sección 3.3.2), Costa Rica viene utilizando una metodología similar para preparar sus mapas de cobertura forestal desde el año 1997, lo que ha permitido obtener datos consistentes de cobertura, y por lo tanto se debe seguir utilizando esta misma metodología. Por esta razón se propone que para futuros eventos de monitoreo se debe usar la metodología empleada para preparar el mapa de cobertura del 2005, metodología que se presenta en el Anexo 1. Dado que las imágenes generadas por Landsat pueden no estar disponibles en el futuro, se podría usar imágenes de los satélites ASTER, SPOT, u otro que posea características de resolución espacial y espectral similares, pero siguiendo la misma metodología, incluyendo tipos de bosque o cobertura, y usando los métodos de comprobación de campo propuestos en el Anexo 1.

Las imágenes sin procesar utilizadas en la preparación de los mapa de cobertura en un evento de monitoreo deben almacenarse en un sitio seguro y con respaldo en diferentes Instituciones, ya que en caso de que se haga un cambio en los métodos de preparación de los mapas de cobertura, que no involucre cambio en el tipo de sensor utilizado, se debería de rehacer el mapa de cobertura anterior, así mismo se debe re-escribir el Anexo 1 para asegurar que el monitoreo futuro se haga con la nueva metodología.

#### **4.2.2 Intensidades de biomasa por tipo de bosque.**

El cálculo de intensidades de biomasa por tipo de bosque requiere una combinación de establecimiento de parcelas de área fija o de área variable en diferentes tipos de bosque como se expuso en la sección 4.2.1, y además de modelos alométricos para estimar biomasa por árbol o por hectárea. También es posible relacionar los datos de biomasa en estas parcelas con su respuestas espectral medida por medios de sensores remotos. Como ya se indicó anteriormente, para detectar cambios en biomasa producto de degradación de bosques requiere de datos de campo lo cuales se puedan evaluar con sensores remotos de alta resolución espacial y espectral. En Costa Rica ya se tiene modelos alométricos para estimar biomasa por árbol para diferentes especies de los bosques muy húmedos y húmedos tropicales incluyendo una ecuación para palmas (Ortiz, 1986; Ortiz, 1997; Restrepo *et al.*, 2003; Segura y Kanninen, 2005; Fonseca, 2009).

Por otro lado ya se ha iniciado la preparación de modelos alométricos para estimar biomasa arriba del suelo por hectárea usando variables de rodal (ver Figura 8), tal como áreas basal ( $m^2/ha$ ), altura media y diámetro promedio (Cascante y González, 2008; Fonseca, 2009; Ortiz *et al.*, 2010). Sin embargo, tanto las ecuaciones alométricas por árbol, como las alométricas por unidad de área han sido preparadas para bosques muy húmedos y húmedos tropicales, y no para bosques en los pisos altitudinales montano bajo y montano. Por esto la

estrategia a seguir es preparar ecuaciones alométricas para biomasa arriba del suelo para especies de estos últimos tipos de bosque, para luego preparar ecuaciones alométricas por unidad de área, y finalmente usar modelos con sensores remotos para estimar biomasa arriba del suelo en forma menos costosa. Los protocolos para desarrollar ecuaciones de biomasa por árbol están preparados y se pueden adoptar los usados por Ortiz (1986).

Las ecuaciones presentadas en los cuadros 26 y 27 son un ejemplo de los sistemas de ecuaciones a preparar. Las ecuaciones en la tabla 26, requieren de diámetro y altura de los árboles, sin embargo, la altura es una variable que no siempre es fácilmente medible, y para algunas parcelas no se ha medido. Las ecuaciones en el cuadro 27 permiten estimar altura total de los árboles en función del diámetro, por lo que se pueden usar en forma integrada o combinada con las del cuadro 26.

Una vez calculada la biomasa por parcela ésta se puede usar para desarrollar modelos alométricos para estimar biomasa por hectárea (ver figura 8) en función de área basal (en m<sup>2</sup>/ha). Una vez obtenidos estos últimos modelos de biomasa por unidad de área es posible calcular biomasa usando parcelas de muestreo temporales en donde se mida área basal, usando ya sea parcelas de área fija, o parcelas de área variable (point sampling). La biomasa total, esto es, biomasa viva arriba del suelo más biomasa viva abajo del suelo se obtiene multiplicando la primera por uno más la razón de biomasa del suelo a biomasa arriba del suelo o (1+R/S), donde R/S es el “Root/Shoot” Ratio. Valores de R/S se pueden calcular para cada tipo de bosque, sin embargo existe valores de aplicación global como las presentados en el cuadro 29.

**Cuadro 26. Ecuaciones alométricas para la estimación del biomasa seca arriba del suelo (bt en kg/árbol) según grupo de especies en función del diámetro (cm) y altura total (en m) para árboles en un bosque muy húmedo tropical**

Grupo de especies	Ecuación	r <sup>2</sup>	MSE	n	Rango dap	Rango altura
<i>Esciófitas</i>	$bt = 0.01689 * d^{1.6651} * ht^{1.4412}$	0,984	0,0233	40	4-115	7 - 38
<i>Heliófitas y Esciófitas Parciales</i>	$bt = 0.01363 * d^{1.8520} * ht^{1.2611}$	0,974	0,0265	60	12-100	14- 50

Fuente Ortiz (1997). Donde: d = Diámetro a 1,3 m de altura (e cm), ht = altura total (en m), r<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, MSE = cuadro medio del error logarítmico de la regresión, n = número de observaciones, Rango dap = Rango de diámetro de los árboles (en centímetros), Rango altura es el rango de altura de árboles usados para preparar el modelo (en m).

**Cuadro 27. Ecuaciones alométricas para la estimación del altura total en función del diámetro para árboles y grupo de especies en un bosque muy húmedo tropical**

Grupo de especies	Ecuación	r <sup>2</sup>	MSE	n	Rango dap
<i>Vochysia</i>	$ht = 3.7802 * d^{0.5236}$	0,9205	0.0069	20	18-93
<i>Esciófitas</i>	$ht = 3.7802 * d^{0.8487} * e^{-0.0040*d}$	0,9330	0.0124	40	4-115
<i>Heliófitas y Esciófitas parciales</i>	$ht = 3.7802 * d^{0.8487} * e^{-0.0085*d}$	0,98958	0.0095	40	12-100

Fuente Ortiz (1997). Donde: d = Diámetro a 1,3 m de altura (e cm), ht = altura

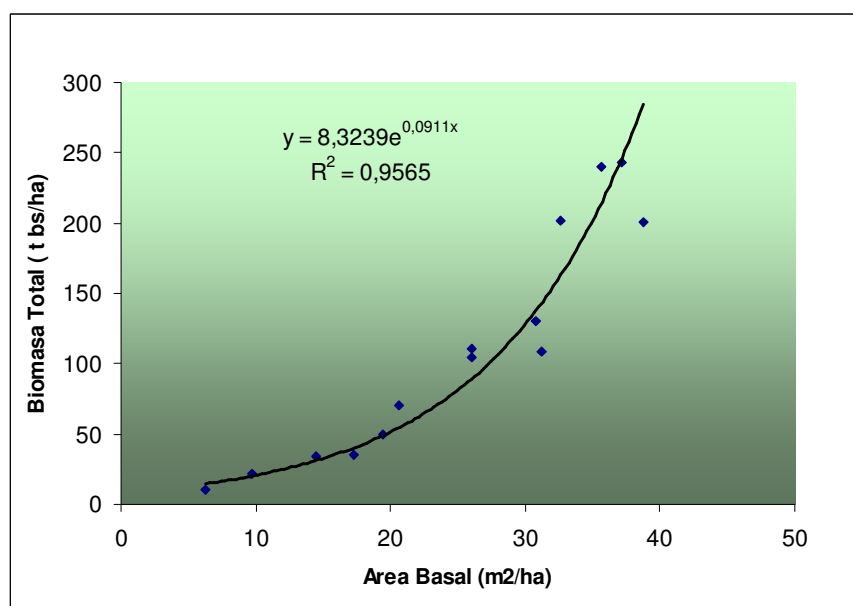
total (en m), r<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, MSE = cuadro medio del error logarítmico de la regresión, n = número de observaciones, Rango dap = Rango de diámetro de los árboles (en centímetros).

**Cuadro 28. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de la biomasa vegetal aérea anhidra en palmas (en kg/palma, 80 °C hasta peso constante).**

Ecuación	n	r <sup>2</sup>
$bsp = 0.1055 * (d^2 * h)^{0.861}$	37	0,94

Fuente: Restrepo et al. (2003). Donde: bsp = Biomasa aérea total de la palma (en kg), h = altura total en metros, d = diámetro a 1,3 m de altura, n es el número de árboles utilizados para desarrollar el modelo, r<sup>2</sup> es el coeficiente de determinación del modelo

**Figura 8. Relación de área basal (G) y biomasa viva arriba del suelo (t bs/ha) para bosques tropicales en Costa Rica**



**Cuadro 29. “Root to shoot” ratios (R/S) para bosque tropicales**

Región	Zona ecológica	Biomasa arriba del suelo (t bs/ha)	R/S	Rango
Tropical	Bosques húmedos y muy húmedos	Menos de 120	0.20	0.09 – 0.25
		Más de 120	0.24	0.22 – 0.33
	Bosques secos	Menos de 20	0.56	0.28 – 0.68
		Más de 20	0.28	0.27 – 0.28

Fuente: Brown et al. (2007).

#### 4.3 Monitoreo del escenario de referencia (línea base)

El escenario de referencia no se monitorea. Una vez establecido por el país este queda fijo en lo referente a tasa de deforestación proyectada o áreas por tipo de cobertura al año de referencia. Sin embargo, si las intensidades de biomasa se modifican o recalculan durante el monitoreo (estos es, los valores definidos en las tablas 16, 17, y 22) estas deben usarse para recalcular los “stocks” de carbono en la línea base, para así mantener consistencia en el cálculo de las reducciones de emisiones debidas a la estrategia REDD. Las reducciones de emisiones (en t CO<sub>2</sub>e) deben calcularse usando una metodología consistente y congruente con la usada al establecer el escenario de referencia durante un periodo de acreditación dado. Si se hace algún cambio, especialmente en la definición de tipos de bosques, las intensidades de biomasa o la fracción de carbono por tipo de bosque, el escenario de referencia debe de re-calcularse usando la nueva metodología.

#### 4.4 Monitoreo de Fugas (Leakage)

En la sección 3 se definió que el escenario de referencia a escoger por Costa Rica debe ser nacional, y no sub-nacional como han planteado otros países en la Convención. Por esta razón el país no está obligado a monitorear fugas.

#### 4.5 Monitoreo de la implementación de la estrategia REDD

La justificación para monitorear la implementación de la estrategia es registrar las actividades que se ejecutan en la estrategia REDD, controlar si éstas se están implementando según lo planeado, y evaluar si las mismas están conduciendo a los resultados esperados. Con esta información se puede entonces corregir la estrategia tanto en su implementación como en su diseño. El monitoreo de la implementación implica tres sub-actividades:

- 1) Preparar el marco lógico de la Estrategia.
- 2) Recopilar informes de avance para cada objetivo, meta y actividad en el marco lógico de la estrategia, incluyendo los impactos ambientales y sociales.



- 3) Evaluar los resultados para corregir la implementación y diseño.

El marco lógico debe ser el corazón de la implementación y monitoreo de la estrategia. Este debe resumirse en forma de una matriz de marco lógico (MML) la cual es formulada como una tabla de cuatro por cinco (ver ejemplo en cuadro 30). Sus columnas expondrán el Resumen Narrativo de Objetivos y Actividades, Indicadores Verificables Objetivamente, Medios de Verificación y Supuestos. Sus filas, el Fin, Propósito, los Componentes-Productos, las Actividades, y el presupuesto por Actividad. Las columnas de indicadores y medios de verificación son entonces las claves para monitorear la implementación de la estrategia. En la columna de indicadores debe especificarse los indicadores para evaluar la estrategia definiendo para cada uno cantidad, calidad y tiempo de cumplimiento. En la columna de medios de verificación se definen como se evalúa el indicador, y quien es el responsable de preparar el informe respectivo.

La estrategia REDD propuesta por Costa Rica, incluye cuatro grandes componentes que deben monitorearse y deben aparecer como componentes principales en el MML de la estrategia:

1. Control y combate de incendios forestales
2. Recuperación y protección de bosques en áreas silvestre protegidas.
3. Recuperación y protección de bosques en terrenos de propiedad privada.
4. Recuperación y protección de bosques en territorios indígenas.

**Cuadro 30. Estructura General de la Matriz de Marco Lógico (MML) a utilizar para el monitoreo de las actividades de implementación de la estrategia REDD.**

<b>RESUMEN NARRATIVO</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACION</b>	<b>SUPUESTOS</b>
<b>Fin (Objetivo General)</b>			
<b>Propósitos (Objetivos específicos)</b>			
<b>Componentes-Productos (Resultados)</b>			
<b>Actividades</b>			
<b>Presupuesto por Actividad</b>			

#### 4.6 Monitoreo de impactos ambientales y sociales

El monitoreo de los impactos ambientales debe hacerse a partir de lo definido en la Matriz de Marco Lógico de Estrategia. Las columnas de Indicadores y Medios de Verificación son las que definen que se evaluará y que medios se usarán para tal fin. Para evaluar correctamente estos impactos es necesario hacer una evaluación al inicio de la Estrategia, cuyos resultados sirvan de “línea base” para comparar los resultados de las evaluaciones periódicas. Los procedimientos para hacer la evaluación de impactos ambientales ya están establecidos en el país. Estos procedimientos fueron preparados durante la planificación del Proyecto Ecomercados 2, y estos incluyen procedimientos para el monitoreo de la biodiversidad, y para el monitoreo de impactos en los recursos hídricos. Dado que existen fondos dentro del Proyecto Ecomercados para realizar este monitoreo, lo recomendable es hacer no duplicar esfuerzos.

Para el monitoreo de impactos sociales el país también posee una metodología que se viene aplicando desde el año 2001, y que fue revisada en el 2007 (MIDEPLAN, 2007a). Esta metodología permite calcular Índices de Desarrollo Social (IDS) por distrito, el cual se calcula a partir de la evaluación de cuatro dimensiones, cada uno de ellos con diferentes indicadores (ver Figura 9). Las cuatro dimensiones que componen el IDS son (MIDEPLAN, 2007a):

**Económica:** Participación en la actividad económica y gozar de condiciones adecuadas de inserción laboral que permitan un ingreso suficiente para lograr un nivel de vida digno.

**Participación social:** Reflejado en el desarrollo de procesos cívicos nacionales y locales, para que se desarrolle en la población el sentido de pertenencia y de cohesión social y con ello el sentimiento de participación activa, responsable que implica el deber y el derecho de los ciudadanos a participar en el mismo.

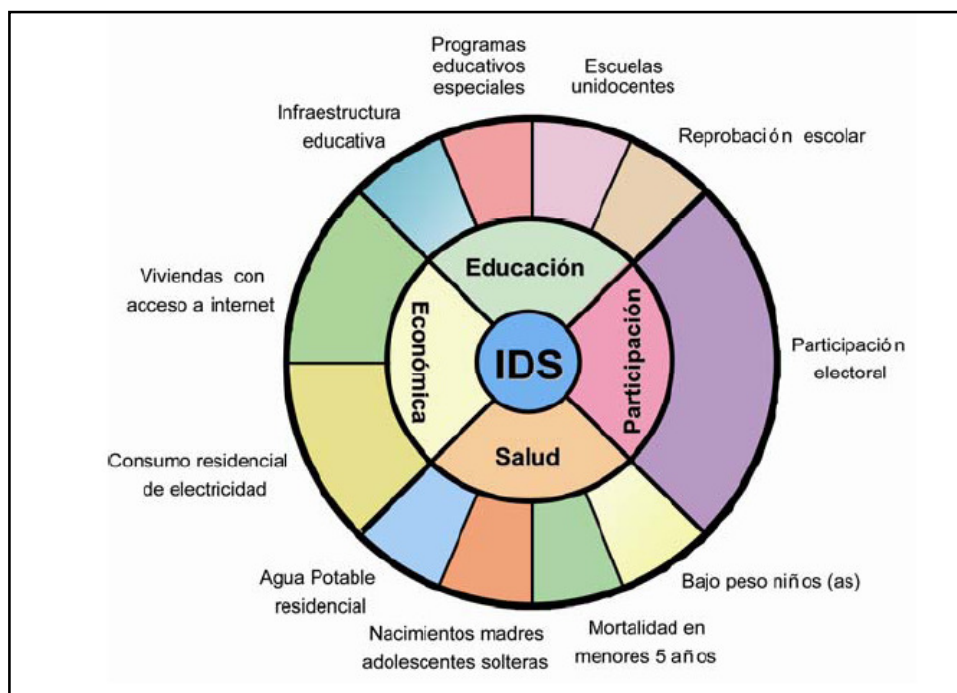
**Salud:** Orientado a gozar de una vida sana y saludable, lo que implica contar y tener acceso a redes formales de servicios de salud y seguridad social así como a una nutrición apropiada, que garanticen una adecuada calidad de vida de la población.

**Educativa:** Relacionado con la disponibilidad y el adecuado acceso de la población a los servicios de educación y capacitación que favorezcan un adecuado desarrollo del capital humano (MIDEPLAN, 2007a).

El Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) es el organismo responsable de hacer esta evaluación periódicamente, y por lo tanto no es necesario duplicar esfuerzos. Dado que el último cálculo de los IDS por distrito se hizo en el 2007, esta evaluación sirve perfectamente como escenario de referencia para evaluar los impactos sociales de la Estrategia REDD. Sin embargo, para establecer la línea base para evaluar el impacto social y ambiental del Programa de PSA mejorado a partir de la Estrategia REDD, debe hacerse una evaluación de referencia del programa durante los pasados 5 años, y volver a repetir este estudio a medio periodo y al final de la Estrategia. Para realizar este estudio de referencia, y las posteriores evaluaciones se debe usar una

metodología uniforme para obtener datos comparables, la cual puede prepararse utilizando como referencia la utilizada por Ortiz et al, (2003), o Arriagada (2008).

**Figura 9. Dimensiones e indicadores del Índice de Desarrollo Social 2007**



Fuente: MIDEPLAN (2007a)

#### 4.7 Informes y verificación de las reducciones de emisiones

Según las opciones establecidas y evaluadas en la sección 4.2 las reducciones de emisiones serán medidas usando la opción 3 o la opción 4. Las reducciones de emisiones pueden entonces ser reportadas mediante un informe que contenga los siguientes contenidos:

Resumen

Abstract

##### 1. Introducción

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Año de reporte
- 1.3 Stocks de carbono en escenario de referencia
- 1.4 Stocks de carbono en eventos de monitoreo anteriores

##### 2. Materiales y métodos

- 2.1 Procedimientos para **monitoreo de cobertura de la tierra y cambios cobertura de bosques.**
- 2.2 Procedimientos para cálculo de intensidad de biomasa por tipo de bosque.
- 2.3 Procedimientos para cálculo de fracción de carbono.

- 2.4 Procedimientos de monitoreo de implementación de la estrategia REDD.
- 2.5 Procedimiento de monitoreo de impactos sociales y ambientales.
- 2.6 Identificación de cambios en la metodología y congruencia con periodos anteriores.
- 3. Resultados
  - 3.1 Cobertura de la tierra y cambios de cobertura de bosques**
  - 3.2 Intensidades de biomasa por tipo de bosque
  - 3.3 Estimación del stock de carbono (en t CO<sub>2</sub>e) para el año de reporte
  - 3.4 Estimación de reducción de emisiones acumuladas y para el periodo
  - 3.5 Avances en implementación de la estrategia REDD
  - 3.6 Impactos Sociales y ambientales
- 4. Conclusiones
  - Evaluación de avances de la estrategia
    - Cobertura de bosques
    - Reducción de emisiones
    - Impactos sociales y ambientales
- 5. Recomendaciones para próximo periodo
  - Recomendaciones para el cálculo de reducción de emisiones
  - Recomendaciones para la implementación de la estrategia REDD
  - Recomendaciones para mitigación de impactos y fortalecimiento de beneficios sociales y ambientales
  - Recomendaciones para el plan de monitoreo.
- 6. Bibliografía
- Anexos
  - Información de puntos de contacto y responsables del informe
  - Localización de parcelas o puntos de muestreo
  - Información de almacenamiento de datos de campo e imágenes satelitales

Para que las estimaciones de reducción de las reducciones de emisiones en diferentes fechas sean comparables entre sí y con el escenario de referencia, la sección 3.1 del informe debe incluir un mapa de cobertura vegetal, y un cuadro igual al cuadro 21 de la sección 3 de este informe. Así mismo, se debe preparar cuadros semejantes a los cuadro 22 y 23, los cuales deben aparecer respectivamente en las secciones 3.2 y 3.2 de informe de monitoreo y verificación de reducciones de emisiones.

Debido a que Costa Rica ya tiene una metodología estándar para preparar los mapa de cobertura vegetal para el cálculo de áreas por tipo de bosque (ver Anexo1), y a que además se han preparado ecuaciones alométricas de biomasa por árbol, y por unidad de área, el sistema de monitoreo y reporte se puede ubicar dentro del nivel 3 (tier 3) del IPCC. Sin embargo, debe mejorarse la estimación de valor de fracción de carbono (FC) por tipo de bosque, y promoverse estudios para el cálculo de la razón raíz-tallo (root/shoot ratio o R/S) para diferentes tipos de bosque.

## 4.8 Evaluación de Capacidades locales

### 4.8.1 Inventario Forestal Nacional

En la evaluación de opciones hecha en la sección 4.2 se llegó a la conclusión que las opciones 3 y 4 son las que permiten mayor participación local y que las de mayor valor agregado para el país. Específicamente ambas opciones requieren de un inventario forestal continuo que involucra mayor participación nacional tanto en su diseño como implementación. El país posee experiencia en preparación de mapas de cobertura vegetal (1997, 2000, y 2005), y por otro lado conocimientos y experiencia en el establecimiento de parcelas de inventarios forestales, y estimación de biomasa, y preparación de ecuaciones alométricas. Las debilidades identificadas son entonces de tipo organizativo, y de presupuesto. La Ley Forestal 7575 establece que el Ministerio de Ambiente y Energía, a través de la Administración Forestal del Estado (SINAC-FONAFIFO) responsable de: *“Realizar el inventario y la evaluación de los recursos forestales del país, de su aprovechamiento e industrialización”*. Sin embargo, a la fecha solo se reporta como trabajo para cumplir este mandato el trabajo de Kleinn et al. 2001. Este fue un estudio preliminar de la FAO, que con la ayuda del SINAC se realizó un estudio piloto de inventario forestal para Costa Rica. Los autores usaron un muestreo en conglomerados. Se escogieron 40 conglomerados y dentro de cada conglomerado 4 sitios de muestreo con parcelas anidadas. El informe del estudio incluye un manual de campo, formularios, etc. Las lecciones aprendidas principales en este estudio indican que:

<b>Lecciones Generales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• El éxito y el buen desarrollo del estudio piloto en Costa Rica tuvo mucho que ver con el apoyo incondicional dado por las autoridades forestales nacionales (SINAC).</li><li>• Antes de iniciar, se deberá construir una alianza entre las instituciones nacionales, tomando en cuenta que frecuentemente existe una atmósfera de competencia entre dichas instituciones, particularmente cuando existe la opción de recibir fondos externos para la elaboración del inventario</li><li>• Simultáneamente con la implementación de una planificación de las actividades de campo, se deberá mantener presente cómo hacer permanente otras actividades (manejo de datos, análisis continuo de los datos colectados).</li></ul>
<b>Técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mientras se considera que el muestreo sistemático es la herramienta óptima, alguna estratificación podría ser considerada -donde la rejilla sistemática provea una base para la estratificación (espacial) proporcional a la localización de los puntos de muestreo.</li></ul>
<b>De organización:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Del estudio de Costa Rica se tuvieron muy buenas experiencias con la contratación de muchos expertos forestales, quienes se responsabilizaron de las medidas de campo.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar a ayudantes locales permitió obtener la confianza de los propietarios de tierras, facilitó el movimiento y orientación en un sitio, también por medio de ellos, se abrió la opción de aprender más acerca del área, su historia y sus usos. La mayoría de ellos tienen un buen conocimiento de las especies forestales locales.</li> <li>• Los grupos de campo necesitan supervisión y retroalimentación permanente. Se sugiere que uno del grupo organizativo acompañe a los grupos de campo repetidamente. Esto mantiene la motivación en vigor y demuestra al mismo tiempo que existe un verdadero interés de buena información.</li> </ul>
<p><b>De formación de personal:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La estrategia fue incluir a tantas personas como fuera posible en la planificación e implementación del proyecto. Por lo que inevitablemente se incrementó el esfuerzo necesario de organización.</li> </ul>
<p><b>Particularidades de Costa Rica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tuvo disponibilidad de suficientes fotografías aéreas actualizadas y no tuvieron que ser comisionadas. El costo por fotografía aérea hubiese sido definitivamente prohibitiva.</li> <li>• El país es relativamente pequeño y desde un punto de vista administrativo es "homogéneo" (definitivamente no desde un punto de vista biofísico, topográfico o de vegetación).</li> <li>• Relativamente una buena red vial en términos de densidad y calidad, las cuales relativamente facilitan el acceso a la mayoría de localidades muestreadas.</li> <li>• Buena infraestructura de comunicación.</li> <li>• Prácticamente todo el país es conocido, solamente algunas regiones pequeñas están menos exploradas (algunas áreas en la Cordillera de Talamanca como Kamuk).</li> <li>• El país es seguro, no se tomaron en cuenta problemas relevantes de seguridad.</li> <li>• Disponibilidad de un buen número de forestales bien entrenados.</li> </ul>

Fuente. Copia textual de Kleinn et al. (2001).

Por otro lado, existen organizaciones de educación superior que tienen la capacidad y experiencia necesaria para el establecimiento y medición de parcelas de muestreo, las cuales han creado la Red de Parcelas Permanentes de Bosques, cuya información no se ha procesado y puesto a disposición del público.

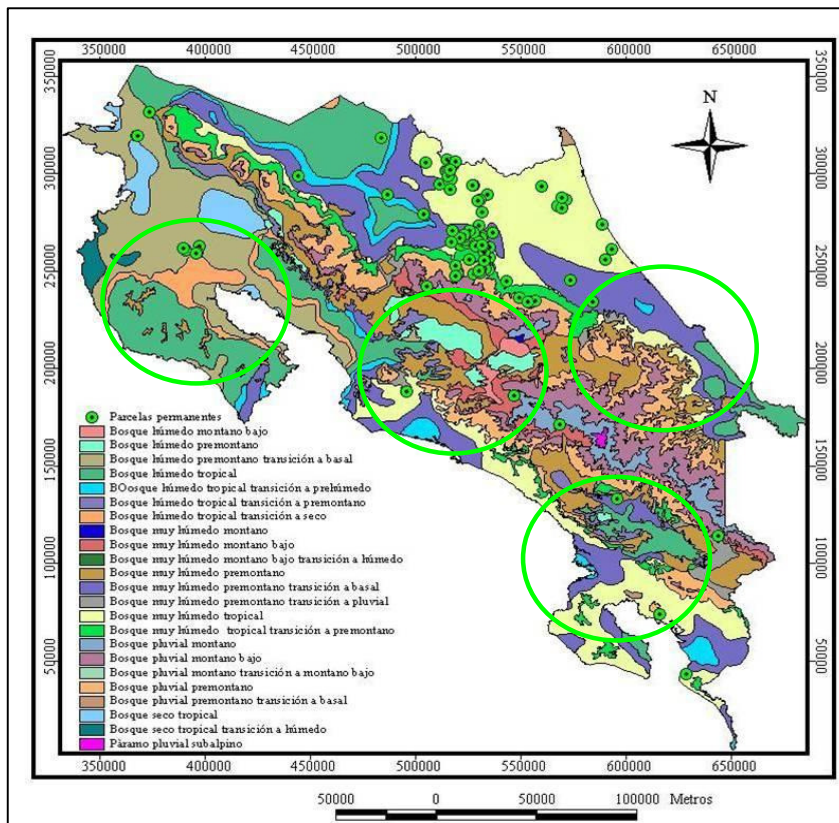
#### **4.8.2 Red de Parcelas Permanentes**

Los objetivos de la Red es contribuir con la generación de información científica confiable para la toma de decisiones relacionadas con el manejo y el estado de la conservación de los recursos forestales y la mitigación al cambio climático, suministradas a través del

monitoreo continuo de parcelas permanentes de muestreo en bosque natural (Red de Parcelas, 2009).

La Red posee un total de 375 parcelas en bosque natural, 29 de 0.25 ha, 345 de 1 ha (Red de Parcelas, 2009), sin embargo, el mapa de ubicación de parcelas indica que existen cuatro regiones en las que hace falta incrementar la densidad de parcelas. Estas son: Península de Nicoya, Pacífico Central, Valle del General-Coto Brus, y Talamanca (ver figura 10). La mayor densidad de parcelas se ubica en la Vertiente Caribe, en donde sobresalen la alta densidad de parcelas monitoreo ubicadas en la zona Sarapiquí, Heredia.

**Figura 10. Distribución de parcelas de monitoreo de la Red de parcelas en Costa Rica y vacíos de información**



Fuente: Adaptado de Presentación Power Point. Red de Parcelas-2009

#### 4.9 Organización y responsables

Según la legislación vigente del responsable del monitoreo de los recursos forestales del país es el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). Dentro del MINAET existen cuatro entidades con capacidad para dirigir y coordinar el sistema monitoreo, reporte y verificación de las actividades REDD (MRV), estas son: el SINAC,

FONAFIFO, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), y la nueva Dirección de Cambio Climático.

La entidad que conduzca el monitoreo no debiera ser juez y parte, es decir, no es recomendable que una entidad ejecutora de las actividades de implementación de la estrategia sea la responsable del sistema de MRV. De acuerdo a esta norma general presente en todas las actividades de monitoreo, contraloría, auditoría, verificación y evaluación, el responsable del sistema de MRV debe ser el IMN o la Dirección de Cambio Climático del MINAET. Estas dos organizaciones, pueden crear y desarrollar la estructura y capacidad para realizar este monitoreo, o contratar a un tercero para que lo haga en forma independiente, y de acuerdo con un diseño previamente acordado, y basado en los lineamientos generales establecidos en las secciones 4.2, y 4.3 de este informe.

#### 4.10 Programa de Implementación del MRV

Actividad Principal	Programación			
	2010	2011	2012	2013
Preparación de Matriz de Marco Lógico de la Estrategia (MML)	XXX			
Selección de estructura organizativa y responsables del MRV	XXX			
Diseño del inventario forestal nacional continuo Sistema de almacenamiento de datos Sistema de reporte y validación	XXX	XXX		
Desarrollo de modelos alométricos para especies y tipos de bosque Montano Bajo y Montano		XXX	XXXX	
Evaluación de referencia de impactos sociales y ambientales del Programa de PSA		XXXX		



#### 4.11 Presupuesto

<b>Tabla 31: Resumen de las Actividades y del Presupuesto del Escenario de Referencia</b>						
<b>Actividad Principal</b>	<b>Sub. Actividad</b>	<b>Costo Estimado (en miles de US\$)</b>				
		<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Total</b>
Preparación de Matriz de Marco Lógico de la Estrategia (MML)	Taller de Identificación y Análisis de Problemas	\$ 7000				<b>\$ 7000</b>
	Taller de construcción del árbol de objetivos y de la MML	\$ 7000				<b>\$ 7000</b>
	<b>Sub-Total</b>	<b>\$14000</b>	<b>\$</b>			<b>\$ 14000</b>
Identificación y selección de responsable del sistema de MRV	Talleres (dos) identificación y selección	\$4000	\$	\$	\$	<b>\$4000</b>
	<b>Sub-Total</b>	<b>\$4000</b>	<b>\$</b>			<b>\$ 4000</b>
Diseño detallado del Inventario Forestal Nacional	Preparación de propuesta	\$6000	\$	\$	\$	<b>\$6000</b>
	Consulta de propuesta	\$2000		\$	\$	<b>\$2000</b>
	Pruebas de campo		\$ 20000			<b>\$ 20000</b>
	Diseño Final		\$ 4000			<b>\$ 4000</b>
	<b>Sub-total</b>	<b>\$8000</b>	<b>\$24000</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$ 32000</b>
Desarrollo de ecuaciones de biomasa para árboles y zonas de vida faltantes (Pisos altitudinales Montano Bajo y Montano)	Calculo de Fracción de carbono para biomasa en bosque naturales		10000			<b>\$ 10000</b>
	Preparación de ecuaciones de biomasa para árboles en zonas de vida faltantes		25000			<b>\$ 25000</b>
	Preparación de ecuaciones de biomasa para zonas de vida faltantes			4000		<b>\$ 4000</b>
	Desarrollo de sistemas de cálculo de biomasa utilizando sensores remotos			10000		<b>\$ 10000</b>
Evaluación de referencia de impactos	Preparación de metodología		\$ 3000			

sociales y ambientales del Programa de PSA	Ejecución de la evaluación		\$ 12000			
	Presentación de resultados		\$ 2000			
	<b>Sub-total</b>		<b>\$42000</b>	<b>\$ 14000</b>	<b>\$</b>	<b>\$49000</b>
<b>Total</b>		<b>\$26000</b>	<b>\$66000</b>	<b>\$ 14000</b>	<b>\$</b>	<b>\$106000</b>
Gobierno Nacional		\$	\$	\$	\$	\$
<b>FCPF</b>		<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>
Programa UN-REDD (si aplica)		\$	\$	\$	\$	\$
Otro Aliado para el Desarrollo 1 (nombre)		\$	\$	\$	\$	\$
Otro Aliado para el Desarrollo 2 (nombre)		\$	\$	\$	\$	\$
Otro Aliado para el Desarrollo 3 (nombre)		\$	\$	\$	\$	\$

#### 4.12 Bibliografía

Arriagada, R. 2008. Private Provision of Public Goods: Applying Matching Methods to Evaluate Payments for Ecosystem Services in Costa Rica. Ph.D Forestry dissertation. Graduate Faculty of North Carolina State University. 256 p.

Barrantes. A. 2008. El desabastecimiento de Madera en Costa Rica: Causas, Efectos y Propuestas de Solución. In: OET. El abastecimiento de Madera en Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica. 23-40 p.

Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer. FAO Forestry Paper 134. FAO. Rome.

Brown, S., M. Hall, K. Andrasko, F. Ruiz, W. Marzoli, G. Guerrero, O. Masera, A. Dushku, B. De Jong, and J. Cornell, 2007. Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change*, 12:1001-1026.

Busch, C.; Jayant A. Sathaye; y G. Arturo Sanchez-Azofeifa. 2000. Estimating the Greenhouse Gas Benefits of Forestry Projects: A Costa Rican Case Study. Energy Analysis Department Environmental Energy Technologies Division Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.

Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer, and G. A. Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología* 111, 1-11.

Calvo, J. 2008. DECIMOQUINTO INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE Informe Final. Bosque, cobertura y recursos forestales.

Calvo-Alvarado. J., Solano. J., y V. Jiménez. 2006. Estudio de cambios de Cobertura Forestal de Costa Rica 2000-2005. II. Parte: Coberturas de Áreas Reforestadas, Plantadas con Café y Frutales en Costa Rica para el Estudio de Cobertura Forestal 2005 Alberta University e Instituto Tecnológico de Costa Rica. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). San José, Costa Rica. 19 pp.

Cascante, S, y González, L. 2008. Estimación de biomasa vegetal aérea para el área del embalse del proyecto hidro-eléctrico el Diquís, Buenos Aires, Puntarenas. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR, Cartago, Costa Rica.

Castro, R. and G. Arias. 1998. Costa Rica: Toward the sustainability of its forest resources. Technical report. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), San José, Costa Rica. 23 p.

Chomitz, K., E. Brenes, and L. Constantino. 1998. Financing Environmental Services: The Costa Rican Experience and Its Implications. Development Research Group. World Bank.

Cubero, J.; y Rojas, S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.F), y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

De Camino, R., O. Segura, L. Arias, and I. Pérez. 1999. Forest Policy and the Evolution of Land Use: An Evaluation of Costa Rica's Forest Development and World Bank Assistance. Operations Evaluation Department. Document of the World Bank.

FONAFIFO. 1998. *1997 Forest Cover Map*. San Jose, Costa Rica: FONAFIFO.

Fonseca, W. 2005. Crecimiento de Bosques Secundarios en el Área de Conservación Pacífico Central. Estudio preparado para el Proyecto Ecomercados II. MINAE-FONAFIFO.

Fonseca, W. 2009. Restauración forestal y almacenamiento de carbono en el trópico húmedo (Zona Caribe de Costa Rica). Memoria presentada para optar al grado de Doctor por la Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. 190 p.

Gámez, R. y Obando, V. 2004. La biodiversidad. In Rodríguez, E. (Ed.). La Costa Rica en el Siglo XX. Tomo II pp. 139-191. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

González, Iriabelle. 2009. Evaluación del cambio de cobertura en el Area de Conservación Arenal-Tempisque en los periodos 1992-1997-2005 utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR.

Holdridge, L. et al. 1970. Forest Environment in Tropical Life Zones. A Pilot Study. Pergamon Press, Oxford. 755 p.

Kaimowitz, D., 1996. Livestock and Deforestation – Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. Center for International Forestry Research, Jakarta, Indonesia, 87 pp.

Keogh, R.M. 1984. "Changes in Forest Cover of Costa Rica Through History," *Turrialba*, Vol. 34, No. 3, pp. 325-331.

Kishor, N. and L. Constantino. 1993. Forest Management and Competing Land Uses: An Economic Analysis for Costa Rica. World Bank: LATEN dissemination Note N°7.

Kleinn, C.; Ramírez, C. Chávez, M, y Lobo, S. 2001. Estudio Piloto para el Inventario Forestal Nacional en Costa Rica Iniciativa de FAO FRA. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales FRA. Documento de trabajo 66. Roma 2001

Lutz, Ernest and Herman Daly. 1991. "Incentives, Regulations, and Sustainable Land Use in Costa Rica," *Environmental and Resource Economics*, Vol. 1, pp. 179-194.

Leonard, H. J. 1987. Natural resources and economic development in Central America: a regional environmental profile, International Institute for Environment and Development.

MIDEPLAN, 2007. Plan Nacional de Desarrollo “Jorge Manuel Dengo Obregón”: 2006-2010. MIDEPLAN. San José, Costa Rica. P.80.

MIDEPLAN. 2007a. Índice de desarrollo social 2007. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Área de Análisis del Desarrollo. San José, Costa Rica.

MINAE, 2002. El éxito forestal de Costa Rica: en cinco casos. In. Ministerio del Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. 60 p.

Myers, Norman. 1981. “The Hamburger Connection: How Central America’s Forests Became North America’s Hamburgers,” *Ambio*. Vol 10, No. 1, pp. 3-8.

Ortiz, E. 1989. Desarrollo de una técnica no-destructiva para estimar biomasa en bosque muy húmedo tropical. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 44p.

Ortiz, E. 1997. Refinement and evaluation of two methods to estimate aboveground tree biomass forests. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy. State University of New York. Syracuse, New York, EE UU. 133p.

Ortiz, E; Louman, B. 2002. Medición y cálculo de áreas de bosque. Ed. Orozco, L; Brumér, C. 2002. Inventarios forestales para bosque latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica. 264p. (Serie técnica. Manual técnico/Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE); No. 46).

Ortiz, E. 2002. Sistema de Cobro y Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica. Area de Servicios Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR. Serie de Apoyo Académico No.

Ortiz, E. and J. Kellenberg. 2002. Program of Payments for Ecological Services in Costa Rica. Workshop on Forest and Landscape Restoration. Heredia, Costa Rica. [http://www.iucn.org/themes/fcp/activities/publications/flr\\_ortiz\\_kellenberg\\_ext.doc](http://www.iucn.org/themes/fcp/activities/publications/flr_ortiz_kellenberg_ext.doc)

Ortiz, E.; L. Sage, y C. Borge. 2003. Impacto del Programa de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica como medio de reducción de la pobreza en los medios rurales. Series de Publicaciones RUTA. Unidad Regional de Asistencia Técnica. 62 p.

Ortiz, E. 2009. Crecimiento y rendimiento forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 89p.

Pfaff, Alexander S.P. 1999. “What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from Satellite and Socioeconomic Data,” *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 37, No. 1 (January), pp. 26-43.

Pfaff, A. J. Robalino; and A. Sanchez-Azofeifa. 2008. Payments for Environmental Services: empirical analysis for Costa Rica. Working Papers Series SAN08-05. Terry Sanford Institute of Public Policy, Duke University. 26 p.

Red de Parcelas de Costa Rica. 2009. Red Nacional para el monitoreo de los Ecosistemas Forestales de Costa Rica. Presentación Power-Point.

Rosero-Bixby, L. and A. Palloni. 1997. "Población y deforestación en Costa Rica," in Conservación del Bosque en Costa Rica. San José, Costa Rica: Academia Nacional de Ciencias, Programa Centroamericano de Población, pp.131-150.

Sader, Steven A. and Armond T. Joyce. 1988. *Deforestation Rates and Trends in Costa Rica 1940 to 1983*, Biotropica 20 (1), pp. 11 - 19.

Sanchez-Azofeifa, G. Arturo. 1998. "Land Use and Cover Change in Costa Rica: A Geographic Perspective," in *Costa Rican Deforestation*, Charles Hall (ed), in press.

Sanchez-Azofeifa, G. Arturo, Kamaljit S. Bawa, Carlos Quesada-Mateo, Pablo Gonzalez-Quesada, and S. Dayanandan. 1998. "Are Protected Areas Conserving Biodiversity in the Tropics," *Conservation Biology*, Spring.

Sánchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado J., Foley S., Arroyo P., Hamilton S. y V. Jiménez. 2002b. 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.

Sanchez-Azofeifa, G. Arturo. 1996. *Assessing Land Use / Cover Change in Costa Rica*, Ph.D. dissertation, University of New Hampshire, Durham, New Hampshire.

SGS International Certification Services Ltd. 1997. *Protected Areas Project. Costa Rican Office for Joint Implementation. Assessment of Project Design, and Schedule of Projected Emissions Reductions*. Project No. 6198 CR. Oxford, UK: SGS.

SINAC. 2005. Estudio de Caso: Gestión Descentralizada de Áreas Protegidas en Costa Rica. Documento preparado por Gustavo Induni, Ministerio del Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), en el marco del Programa FAO/OAPN (Organismo Autónomo Parques Nacionales de España) sobre "Fortalecimiento del Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en las Áreas Protegidas de América Latina". Programa FAO/OAPN

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2008. Gestión Socioecológica del Territorio: Un enfoque de Conservación para el Desarrollo. San José, Costa Rica. 61 pp.

Skole, D.L. and C. Tucker. 1993. "Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988." *Science*, vol. 260, pp. 1905-1910.

Solórzano, Raúl, Ronnie de Camino, Richard Woodward, Joseph Tosi, Vicente Watson, Alexis Vasquez, Carlos Villalobos, Jorge Jimenez, Robert Repetto, and Wilfrido Cruz. 1991. *Accounts Overdue: Natural Resource Depreciation in Costa Rica*, Tropical

Spittler, P. 2002. Dinámica de los bosques secundarios secos en la Región Chorotega, Costa Rica. Pp 163-174. In *Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: Investigaciones y resultados en Mesoamérica*. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. ISBN 9968-9996-1-X.

Tschinkel, Henry. 1988. *Forestry in Costa Rica: An Overview*. San Jose, Costa Rica: U.S. Agency for International Development.

## ANEXO 1

### **Metodología para preparación de mapas de cobertura vegetal en Costa Rica.**

**Fuente: Copia Textual de:**

*Sánchez-Azofeifa, A., J. Calvo; M., Chong, M. Castillo, V. Jiménez. 2005. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal De Costa Rica 2005. FONAFIFO. CONVENIO DE DONACIÓN TF 023681. CONTRATO DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA: I. Parte: Clasificación de la Cobertura Forestal con Imágenes Landsat ETM+ 2005.*

#### **1.2.3. La Metodología NASA Pathfinder para Bosques Húmedos:**

##### **1.2.3.1. Descripción general de la metodología:**

El método de Clasificación designado por NASA Pathfinder como clasificación en parejas (Lillesand, 2000) fue usado para clasificar la cobertura forestal de Costa Rica en el área de bosque lluvioso para el año 2005. Para esto se empleó el programa Leica Geosystems ERDAS Imagine 9.0 (Cuadro 1.1). Analistas entrenados interpretaron los mapas temáticos resultantes del proceso matemático aplicado a las imágenes para la separación en 50 grupos de reflectancia espectral similar. Las clases principales extraídas fueron: bosque, no bosque, manglares, nubes, sombras de nubes, aguas continentales y urbanas. Para casos en los cuales se presentaron confusiones de clases, éstas fueron aisladas y extraídas de los datos originales y re-procesadas mediante un proceso definido como “clasificación jerárquica”. Este proceso permite una separabilidad aumentada de las clases que se confunden; mejorando de esta manera la clasificación final.

La clasificación jerárquica o hyper-agrupamiento (Hyperclustering en inglés) permite que clases desconocidas o mezcladas se puedan extraer para reducir la “confusión” espectral. De esta manera es posible la distinción de clases específicas dentro de otras más grandes. Cualquier dato de referencia como agricultura o plantaciones forestales o aquellos usados como referencia en este proyecto proveerán clases de cobertura que pueden ser identificados y de esta manera excluidos del análisis. Reduciendo el tamaño de los datos de entrada, por medio de la eliminación porciones de la imagen de satélite donde se encuentran los datos de referencia conocidos, es posible que secciones de los valores del histograma sean omitidos; permitiendo de esta manera que los restantes valores en el histograma sean reacomodados. Este proceso se repite interactivamente durante la clasificación no supervisada. La técnica anterior reduce la confusión y aumenta la capacidad de llevar a cabo una mejor identificación visual de las clases de cobertura vegetal. El proceso de identificación visual es la parte más difícil y lenta del proceso de clasificación supervisada.



Debido a la vegetación densa de Costa Rica, la diferencia entre bosque y no bosque es a veces de fácil identificación. Sin embargo, cuando se trata con las regiones de bosque seco la diferencia no es siempre visible. Durante la estación seca las áreas que contienen bosques secos aparecerán como si no tuvieran cobertura foliar. Con el fin de resolver este problema, varias imágenes con distintos niveles de fenología son utilizadas. Si no existen imágenes de época seca y lluviosa para un área; el analista debe confiar en el conocimiento de expertos y todos los datos de campo disponibles.

La cobertura de nubes es otro problema en la región noreste de Guanacaste. A pesar de esto, se ha establecido un proceso para rellenar las zonas ocultadas por las nubes o la neblina, ya que se cuenta con un juego de imágenes suplementario para esta imagen. Debido a la variabilidad de la cobertura de nubes a través del año, se pudieron utilizar múltiples juegos de imágenes para llenar los espacios ocultos por las nubes. De igual manera, la información obtenida del mapa de la región creado en el 2000, fue utilizada para rellenar los datos ocultos por las nubes en el mapa del 2005. Modificaciones manuales se requirieron para proveer una transición suave entre la clasificación original y los datos suplementarios. En este caso las modificaciones fueron realizadas por el analista, basado en la interpretación de los datos circundantes e información suplementaria.

Utilizando la misma técnica fueron rellenadas las áreas con valores de “no data”. Debido a que la órbita del satélite se desvía ligeramente con el tiempo y que dependiendo del período del año la desviación no es constante, el área cubierta por las imágenes varía ligeramente. Debe notarse que en el 2005 el área de la imagen no incluye una pequeña porción de la frontera norte del país (Ver círculos rojos en Figura 1.3). De igual manera una pequeña porción del área de estudio en el centro-sur, tampoco estuvo disponible (Figura 1.3). Sin embargo después de compilar 4 escenas individuales, estas regiones fueron “rellenadas” utilizando los datos del Mapa del año 2000, ajustándolos al mapa final.

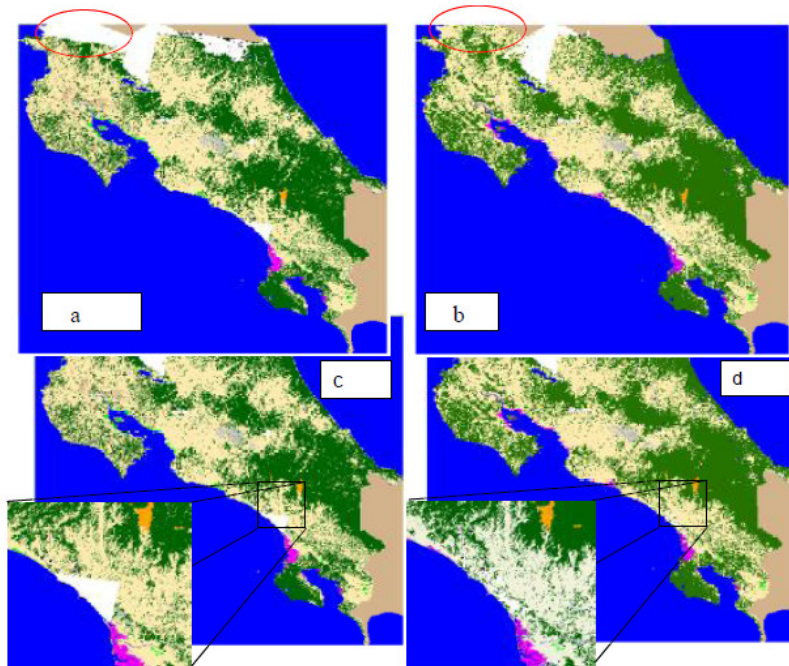


Figura 1.3: Efecto de corrección de nubes. La figura (a) muestra la corrección antes y la (b) el resultado final. Segmento faltante (c) y (d) reposición de segmento.

Una vez realizada la clasificación de toda el área de estudio, se realizaron algunos procesos de control de calidad en los datos antes de obtener el producto final. Las uniones entre las cuatro imágenes satelitales fueron manualmente modificadas para proveer una cobertura sin uniones del producto. Un procesamiento de *unidad mínima de mapeo (umm)* fue aplicado para eliminar el ruido y el efecto de “salpicado” en el mapa, además de obtener un producto estéticamente aceptable. Con la aplicación de un *umm* de 3ha los datos son zonalizados mediante un *Filtro de Mayoría 3 x 3* para disminuir el tiempo de procesamiento.

El filtrado no compromete la *umm* ya que todas las áreas menores a 3.0 ha son disueltas e integradas a la clase adyacente de mayor área. Luego, los datos son exportados de formato *raster* a *vector* utilizando ERDAS Imagine 9.0. Finalmente, utilizando ArcInfo Workstation, se calculó el área para los polígonos resultantes y todas las áreas menores a 3ha fueron seleccionadas y disueltas. El resultado final es el mapa de cobertura vegetal.

### 1.2.3.2. Descripción específica del proceso de clasificación:

La metodología NASA Pathfinder para bosques húmedos ha sido ampliamente explicada por Skole y Tucket (1993) y Sánchez-Azofeifa (2001). Esta metodología está basada en una interpretación semi-automática de imágenes del satélite Landsat Mapeador Temático (TM por sus siglas en inglés) y consiste en siete fases:

**Fase No. 1: Limpieza de nubes y aguas continentales.** Nubes, sombra de nubes y aguas continentales (lagos, reservorios y ríos) son extraídas de la imagen utilizando una clasificación sin-supervisar. Estas clases son utilizadas para crear una máscara la cual se le aplica a la imagen con el fin de simplificar la clasificación. Esta máscara es agregada al mapa final una vez que todos los controles de calidad han sido establecidos.

**Fase No. 2: Georeferenciación de las imágenes.** Todas las imágenes adquiridas en este proyecto fueron georeferenciadas a las imágenes utilizadas en el estudio del año 1997. Estas imágenes son consideradas las imágenes “master” para cualquier estudio de deforestación en Costa Rica dado el alto nivel de precisión y detalle que las mismas tienen. El procedimiento anterior asegura que no se dan problemas de desplazamiento vertical o lateral que pueden, eventualmente, confundirse con problemas en la clasificación. Las imágenes de comparación del estudio del año 2000 fueron también geo-referenciadas (imagen a imagen) a las imágenes de 1997. Lo anterior asegura una consistencia para cualquier comparación entre mapas.

Todas las imágenes del 2004 fueron re-muestreadas a una resolución de 28.5 metros utilizando un polinomio de segundo grado y un procesamiento de remuestreo denominado “vecino más cercano”. Las imágenes fueron aceptadas solo si el error global de georeferenciación (RMSE) fue menor a 28.5 metros. El proceso fue realizado por personal del FONAFIFO durante una visita de entrenamiento a la Universidad de Alberta. La Cuadro 1.2. muestra las estadísticas correspondientes al proceso de georeferenciación.

#### Cuadro 1.2.

Errores de georeferenciación de las imágenes utilizadas en los estudios de cobertura forestal de Costa Rica.

Path/Row	Código	No. de Puntos Utilizados	Error Global de Georeferenciación en m
15/53	San José	52	11.6
16/53	Guanacaste - Seco	51	10.1
16/53	Guanacaste - Lluvioso	38	6.9
14/53	Limón	50	9
14/54	Osa	41	18.3

**Fase No. 3: Interpretación automática.** Este proceso involucra la clasificación automática utilizando un sistema sin supervisión conocido como ISODATA. El sistema esta basado en la selección de 50 grupos con información espectral similar (dentro de una y

media desviación estándar definida). Esto permite separar en forma adecuada aquellos bosques cuya cobertura de copa es superior al 80% (Sánchez-Azofeifa, 1996).

**Fase No. 4: Clasificación de Cobertura Forestal-No Cobertura Forestal.** Una vez que los grupos espectrales han sido seleccionados en la Fase 4, esta fase se encarga de poner títulos cada una las clases espectrales seleccionadas. Esto se realiza por medio de un proceso interactivo que involucra el despliegue simultáneo de la imagen de satélite y la clasificación en la misma pantalla. Las clases seleccionadas a este nivel son: Cobertura Forestal (ecosistemas forestales con cobertura de copa superior al 80%) y No-Cobertura Forestal (por ejemplo; tierras agrícolas, pastizales, charales, cafetales con y sin sombra).

**Fase No. 5: Procesos de Control de calidad.** La imagen clasificada es dividida en un total de 40 cuadrantes con el fin de facilitar el seguimiento de las áreas que se están verificando. La misma se súper impone en la pantalla del ordenador en donde se tiene una imagen desplegada con una combinación de bandas espectrales 4(Rojo), 3(Verde) y 2(Azul). Cada cuadrante es chequeado en forma independiente en busca de errores asociados con la clasificación de la misma. Aquellas áreas que se determinan con errores de clasificación son corregidas en la computadora. Este proceso se repite el número de veces que es necesario con el fin de asegurar que solamente aquellas áreas determinadas como bosque son verdaderamente extraídas. Este proceso no es realizado por la misma persona que ha realizado la clasificación. En este proceso el control de calidad fue realizado en forma independiente de la Universidad de Alberta por personal del FONAFIFO y del ITCR con el fin de evitar sesgos no aleatorios en el proceso de generación y titulación de clases espectrales.

**Fase No. 6: Integración y análisis.** Una vez que todas las imágenes han pasado control de calidad y existe un nivel de consistencia en la extracción de la cobertura de bosque, las mismas son integradas en un mosaico. Las áreas de sobre-posición (cerca de un 10% entre imágenes) son minimizadas por medio de un sistema desarrollado por la Universidad de Alberta que permite solamente que un píxel exista en la supervisión, este algoritmo permite evitar errores asociados con la fenología o bien con la presencia de anomalías de carácter temporal que pueden existir en la imagen de satélite. Antes de finalizar la capa de áreas reforestadas, plantadas de café y frutales levantada por el ITCR, se emplea como una máscara para remover aquellas áreas que hayan sido erróneamente clasificadas como bosque

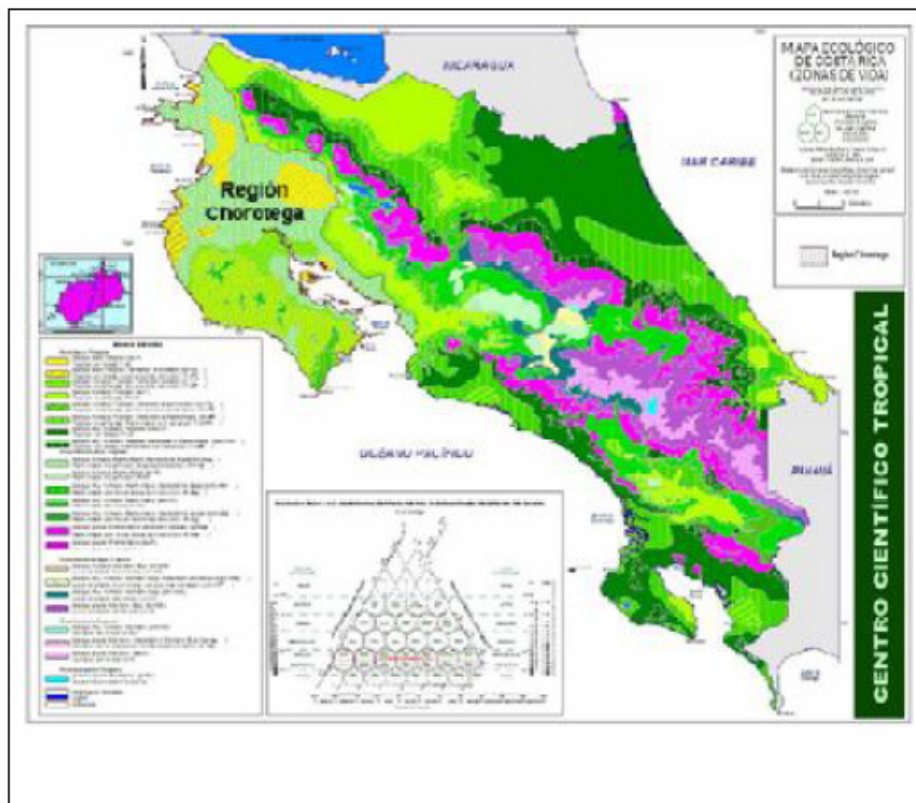
Una vez que el mosaico es creado se procede al análisis final de la cobertura de forestal de 2005.

#### **1. 2.4. Metodología para el análisis de la Región Chorotega.**

El análisis de la cobertura forestal de la Región Chorotega requiere de un proceso especial que es diferente al que se utiliza en el resto del país. El estudio involucra el uso de imágenes que son multi-temporales a dos escalas: 1) Escala de variación inter-anual: época seca y época lluviosa y 2) Imágenes procesadas en 1986, 1997 y el 2000 con el fin de poder

definir en forma más precisa los diferentes estados de sucesión natural presentes en esta región.

Este estudio involucra en primer lugar la separación del área de estudio basado en la división de las Zonas de Vida de Holdridge. La región de estudio utilizada se resalta en la Figura 1.4. El área de estudio involucra tanto las Zonas de Vida: Bosque Seco Tropical como las de Bosque Muy Húmedo Premontano y Húmedo Tropical presentes en la Península de Nicoya, que igualmente muestran una estacionalidad bien definida (pérdida de hojas) durante la época seca.



**Figura 1. 4: Definición del área de estudio para la clasificación especial de la Región Chorotega.**

El procedimiento involucra tres fases:

1) Clasificación de las imágenes de Guanacaste adquiridas en la época seca y lluviosa. Esto permite, por medio de un análisis diferenciado, obtener una clasificación del bosque caducifolio y siempre-verde presente en esta región. Este análisis toma ventaja de estudios previos conducidos en el Parque Nacional Santa Rosa que indican que es posible detectar bosques en tres estados sucesionales: tempranos, intermedios y tardíos con alta precisión (mayor al 80% de 4 cobertura de copa). En forma adicional se considerara índices de humedad, sequedad y nivel verde conocidos como Tasseled Caps, para estimar con mayor

precisión el nivel de estado sucesional. Una vez generada esta base de datos, se procedió a utilizar un sistema experto de aprendizaje de máquina (Machine Learning en Inglés) para integrar las bases de datos de la región Chorotega generados en 1997 y 2000. Este sistema permite evaluar a nivel de píxel la presencia o ausencia de bosque como una función del tiempo y su estado de sucesión. Este sistema, también usado con redes neuronales en el pasado en la cuenca del Amazonas, permite generar mapas detallados de crecimiento secundario a partir de la base de datos temporales. En este caso se procedió a entrenar el algoritmo con una sección del Parque Nacional Santa Rosa (Kalascka et al. 2004b). En este entrenamiento, el procedimiento permite detectar la trayectoria de cada píxel de la siguiente forma:

$$\text{Edad Potencial del Bosque Píxeli} = f(P_i-t) + f(P_i-t_2)$$

En donde la edad del bosque del píxel en el año 2000 es una función no sólo de la presencia del bosque en el año 2000 pero también el año 1997 o 1986. La función de edad potencial es una función determinística no probabilística y esta basada en la opción booleana de sí hay bosque presente en el año  $t$  o  $t_2$ . Bajo el supuesto actual, un bosque de 5 años de edad es uno en el cual ambas funciones son 0 tanto en el año  $t$  (2000) como  $t$  (1997). A este bosque se le asigna un estado sucesional temprano. En el caso de un bosque de estado intermedio. La función determinística es 1 en el año  $t$ (2000) y 0 en el año  $t$ (1997). En caso de un bosque de sucesión tardía, ambas funciones son 1 tanto en  $t$  (2000) como en  $t$  (1997 o 1986).

Las clasificaciones finales de los bosques en tres estados sucesionales no están, por lo tanto, ajustadas a las edades de los bosques dado que puede ser que un bosque este presente en el año 1999 pero no en el año 1997, sino que esta ajustadas por estadio de sucesión y su edad potencial. La base de datos final por tanto refleja el estado sucesional de la cobertura caracterizado por la composición florística, altura del dosel, densidad de copa y otros aspectos que están más afectados por factores de sitio y antropológicos, que por la edad, como se ha demostrado por los estudios realizados por los investigadores en esta región (Arroyo-Mora. et. al. 2003, Castro et al. 2003, Kalascka et. al. 2004b).

Con respecto a la clase Bosque Tardío, se debe indicar que este no es sinónimo de bosque primario, dado que no es factible con la detección remota identificar si el bosque ha sido o no aprovechado o intervenido (Kalascka et al. 2004b). La clase Bosque Tardío representa a un bosque con características similares a los bosques maduros originales de estas regiones.

### **1.2.5 Estimación del error de la clasificación:**

Los estudios previos de deforestación y cobertura forestal de Costa Rica se vieron afectados por la presencia de plantaciones forestales y de café que se confunden con la respuesta espectral de los bosques primarios. Este error de clasificación es más pronunciado en áreas en las cuales se tiene café con sombra o plantaciones forestales con parcelas de distintas edades. Con el fin de evitar este problema se crearon dos bases de datos:

- 1) Cobertura de café proveída por el ICAFE y

2) Cobertura de plantaciones forestales y frutales, compilada por el ITCR de diferentes fuentes (ITCR y U. Alberta, 2006).

Estas coberturas son aplicadas a las imágenes de satélite una vez calibradas con el fin de cambiar la titulación de aquellos píxeles que fueron clasificados como bosques pero que en realidad son plantaciones de café o plantaciones forestales. En forma adicional se utiliza una base de datos de cobertura/no cobertura de bosque compuesta por 2255 puntos de control provisto por el FONAFIFO y el ITCR. Esto excedió el número de puntos utilizados tanto en el año 1997 como en el año 2000 en el cual se utilizaron un total de 800 puntos de control. Los puntos de control fueron corroborados en la imagen y analizados utilizando una matriz de contingencia. Varios puntos de control, en total 380 puntos fueron eliminados del análisis dado que los mismos cayeron en áreas conflictivas asociadas con el problema de SLC-Off y por tanto no fueron considerados en el análisis de error, dando por lo tanto un total de 1875 puntos de control para la verificación.

Los mismos puntos fueron evaluados para obtener la precisión total del mapa y la precisión total de la clasificación del bosque utilizando una matriz de contingencia.