



**Proyecto: “REDUCCIÓN DE EMISIONES POR  
DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN EVITADA  
(REDD), PARA EL BLOQUE SUR DEL BAAPA,  
RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL”**

**INFORME DE CONSULTORIA**

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y EL STOCK DE  
CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA  
PARA PARQUE SAN RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A  
LA REALIDAD**

**AUTOR: DIEGO LEIVA**



**ASOCIACIÓN GUYRA PARAGUAY  
Asunción - Paraguay  
Abril 2009**

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y EL STOCK DE CARBONO DEL  
BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL,  
UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD <sup>1</sup>**

Diego Osvaldo Leiva Villalba <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trabajo presentado a la Asociación Guyra Paraguay.

<sup>2</sup> Consultor Forestal.

**RESUMEN:**

El presente estudio analiza la dinámica que se sucedieron entre el periodo 2002 – 2009 en cuanto a la configuración del cambio de uso del suelo, lo que se traduce en una disminución y aumento de la cobertura del suelo de la Reserva para Parque San Rafael; esta dinámica es responsable de la variación del stock de carbono de cada categoría de uso que clasificamos para el área de estudio.

Los resultados muestran variaciones significativas en cuanto a la superficie de cada categoría de uso, así tenemos para la categoría Bosque Primario Intervenido (BPI) una disminución del **11,88 %** que representa 4.754,75 ha, el Bosque Bajo (BB) también presenta una reducción de **49,42 %** unas 1.465,3 ha, en el Bosque Secundario (BS) se aprecia un aumento del **24,14 %** valor que representa 2.444,72 ha; la Reforestación (R) también presento un aumento de **13,32 %** unas 61,73 ha, el Cultivo (C) experimento un aumento del **11,45 %** unas 642,78 ha y finalmente la superficie de la categoría Pastizales (P) aumento **31,97 %** unas 3.072,3 ha.

La categoría de manejo y derecho de propiedad de San Rafael son factores que inciden en la transformación de la cobertura forestal, los datos analizados arrojaron que para el periodo de tiempo en estudio se deforestaron 3.775,33 ha a un ritmo promedio de **539,33 ha año<sup>-1</sup>**, cuya tasa de deforestación es de 0,01

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

Los valores de los reservorios biomasa viva arriba del suelo y radicular fueron los únicos actualizados debido a la información obtenida y considerando que son los más importantes reservorios de estudios para este tipo de investigación. El valor actualizado representa un incremento anual medio de la biomasa arriba del suelo y radicular de **1,24 ton. m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>**

La estimación de la cantidad de carbono almacenado de la formación forestal bosque primario para el periodo 2009, es de unas **252,599 tC. ha<sup>-1</sup>**, según los reservorios estudiados.

Los datos analizados muestran una disminución del stock de carbono de **1.050.098,688 tC** para el periodo de tiempo 2002 – 2009, este valor representa una emisión de **3.850.711,89 CO<sub>2</sub>e**. El Bosque Primario Intervenido y el Bosque Bajo son la clase de uso de la tierra que sufrieron modificaciones de cambio de uso.

La dinámica del Bosque Secundario y las parcelas de Reforestación (Restauración) muestran una remoción del stock de carbono de **368.599,2 tC**, esto equivale a **1.351.653,29 tCO<sub>2</sub>e** debido a la aparición de vegetación secundaria e incremento de la biomasa de las especies utilizadas en el proyecto de restauración que están actuando como sumideros. La diferencia entre las remociones y emisiones de carbono nos proporcionan un balance negativo para el área de **2.499.058,6 CO<sub>2</sub>e**.

## **1 INTRODUCCIÓN**

Uno de las mayores dificultades con que se enfrenta la humanidad en este siglo es el cambio climático, como consecuencia de la desmedida emisión por parte del hombre de los gases de efecto invernadero (GEI). Estas emisiones van generando diversos fenómenos que alteran por completo los ciclos naturales que durante muchos siglos se desarrollaban de forma cíclica.

El cambio climático en la actualidad es un tema de delicada importancia por que afecta temas tan trascendentales como lo son el económico, ecológico y social tanto para los países desarrollados como los subdesarrollados por ser un problema de índole global.

La importancia de los ecosistemas forestales para mitigar las emisiones de gases como el dióxido de carbono que es uno de los más importantes, radica en el potencial de fijación de estos en la biomasa de las especies arbóreas por medio de la fotosíntesis; creando de este modo un reservorio importante que dependiendo del uso destinado podría almacenar el CO<sub>2</sub> por un periodo de tiempo prolongado.

Las actividades de cambio de uso del suelo y silvicultura en un contexto global han sido históricamente y siguen siendo las fuentes netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, siendo la deforestación tropical y subtropical esencialmente responsable de ello. El reconocimiento de que las actividades de uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura (LULUCF) podrían ser tanto fuentes como sumideros de carbono ocasiono que se les incluyera en el protocolo de Kyoto.

La deforestación y degradación de los bosques tropicales, incluyendo el cambio de uso a cultivos y pastizales, la remoción parcial o temporal del bosque para desarrollar agricultura y el manejo forestal generan emisiones de GEI. Estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), indican que la deforestación contribuye con un 15 – 20% de las emisiones globales de GEI (Barragán & Cordero, 2008).

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), durante la reunión realizada en Balí a finales del 2007, reconoció la reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD), como un mecanismo de mitigación del cambio climático para el régimen post-Kyoto. No obstante, el mercado voluntario de carbono ha financiado proyectos de deforestación evitada desde antes de 1990 (Hamilton et al. 2008).

El Paraguay en las décadas pasadas ha sufrido un fuerte proceso de deforestación ubicándolo en los primeros lugares sobre el tema, se han perdido 6 millones de hectáreas de bosque nativo productivo que han sido transformados a tierras agropecuarias.

En el mes de julio de 2006 la Secretaria del Ambiente solicitó al Congreso la ampliación por cinco años más de la vigencia de la Ley 2524 de Deforestación Cero, ante la necesidad de proteger unas 800 mil hectáreas, que constituyen los últimos remanentes de bosque nativos de la Región Oriental (MAG/DGP, 2006).

Los resultados obtenidos con la aplicación de la mencionada normativa indican una disminución del 94% en la tasa de deforestación, en un periodo de un año seis meses, comprobados mediante controles institucionales de monitoreo satelitales, fiscalizaciones y verificaciones estrictas sobre casos de desmonte en la Región Oriental (MAG/DGP, 2006).

Los porcentajes indican que la tasa de deforestación disminuyó de unas 180 mil hectáreas anteriores a unas 19 mil hectáreas, desde la vigencia de la normativa en diciembre de 2004. El mayor impacto sobre sector forestal lo constituyen el avance de la frontera pecuaria en primer lugar y el de la frontera agrícola que tiene influencia directa en el cambio de uso de la tierra (MAG/DGP, 2006).

Sin embargo los fuertes procesos de deforestación en la actualidad migraron a la Región Occidental, donde el sector pecuario es el principal responsable de las conversiones de tierras.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

Estos valores nos dan una aproximación de la realidad de la reserva y su potencial en cuanto al stock de carbono que podría contener. Estos datos nos proporcionan la visión y valoración de este tipo de ecosistema tan importante por los servicios ambientales que nos proveen. Los valores obtenidos nos revelan un potencial importantísimos de stock y es una prueba tangible de la necesidad de conservar, no solo por el carbono que posee como reservorios sino también por la alta variabilidad de especies de fauna y flora; y por representar un sitio único y representable del BAAPA.

## **2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Generalidades**

En esta primera fase de la implementación del proyecto necesitamos conocer el potencial de que tiene el bosque de San Rafael para ser catalogados como proyectos REDD; estos datos son de cuantiosa valía para diagramar un diseño eficiente y darnos una prognosis de lo que verdaderamente existe en dicha formación forestal. Estas estimaciones previas toman como punto de partida los mismos delineamientos del trabajo realizado por (Pedroni et al. 2003) para San Rafael.

El nivel de enfoque o aproximación metódica (tiers, en ingles), utilizado para el mismo es el Nivel 1 y 2 (propuesto por el IPCC), donde son utilizados valores por defecto y de referencia nacionales (específicamente el trabajo realizado en el 2003 para el área de San Rafael).

### **2.2 Área de Estudio**

La Reserva de Recursos Manejados de San Rafael se encuentra en el sureste de la región oriental del Paraguay, entre las coordenadas: 26°37'17.8''S; 55°53'42''W y 26°18'7.2''S; 55°29'50.6''W.

La morfología de la Reserva se integra por llanuras, mesetas aisladas, cadenas de cordilleras de diversas alturas y depresiones inundables. Hidrológicamente pertenece a las cuencas de los ríos Paraná y Paraguay. La zona que pertenece a la cuenca del Paraná posee los mayores regímenes de precipitación (1800mm/año), presenta árboles de mayor porte, bosques más densos (aunque esta condición ha sido modificada por la intensa explotación) y un mayor contenido de arcilla en los suelos. La zona perteneciente a la cuenca del río Paraguay es un poco más seca (1600 mm/año) y presenta suelos más friables, lo cual favorece el desarrollo de bosques sub-húmedos, con una fisonomía diferente, menos densos y de menor estratificación (Pedroni et al, 2004).

### 2.3 Vegetación Natural

A fin de simplificar la clasificación de los tipos de vegetación encontradas en el área de estudio se procedió a unificar en categorías y estratos para estimar la densidad de carbono (Ver cuadro 1)

**Cuadro 1:** Tipo de formaciones naturales y clasificación en estratos

Tipo de Formación	Estrato correspondiente
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bosque húmedo semi-caducifolio (Tortorelli, 1967)</li><li>• Bosque sub-húmedo semicaducifolio</li></ul>	Bosque Primario Intervenido
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bosque de ribera</li><li>• Bosque de bambú</li></ul>	Bosque Bajo
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bosque modificado</li></ul>	Bosque Secundario
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sabana</li><li>• Sabana hidromórfica o humedales</li></ul>	Pastizales

Las formaciones vegetales de la región Oriental, en la cual se halla insertada la Reserva de San Rafael, si bien están conocidas, carecen de descripciones detalladas. Excepciones lo constituyen algunos trabajos realizados en áreas cercanas a la Reserva, donde se ha realizado un listado de especies y descripciones para áreas potenciales de conservación (Acevedo *et al.*, 1990; Holdridge, 1967; Spichiger *et al.*, 1992 y 1995; San Jurjo, 1992). Los tipos de formaciones vegetales descritos en el área de la Reserva y sus alrededores son los siguientes:



### 2.3.1 Bosque Húmedo Semicaducifolio

Las denominaciones utilizadas en la literatura para referirse a esta formación son múltiples, incluyendo: “bosque templado húmedo” o “selva hidrófila” (Holdrige, 1967), “dominio amazónico” o “provincia paranaense” (Cabrera y Willinck, 1973), “bosque semi- residual subtropical” (UNESCO, 1973), “formación alto-paranaense” (Spichiger *et al.* 1992 y 1995).

En el pasado, el bosque húmedo semi-caducifolio ha sido el tipo de formación predominante del área de la Reserva. Debido a la explotación, actualmente esta formación se encuentra en un estado muy alterado, tanto en su estructura como en su composición, llegando al punto de que algunas especies dominantes han pasado a ser muy escasas. Aproximadamente el 30% de las especies leñosas son residuales (San Jurjo, 1992).

Esta formación suele desarrollarse bajo un régimen de precipitaciones de hasta 1800 mm anuales y sobre suelos de francos a franco arcillosos, rojos y bastante profundos. Se pueden observar de 4 a 5 estratos de vegetación, llegando el superior a unos 30 m de altura con abundantes lianas y epifitas. Entre las especies preponderantes se destacan: *Tabebuia heptaphylla* (lapacho), *Astronium fraxinifolium* (urunde y para), *Syagrus romanzoffianum* (pindo), *Cedrela fissilis* (cedro), *Cordia trichótoma* (peterevy), *Macaherium stipitatum* (ysapy y moroti), *Peltophorum dubium* (yvyra pyta), *Balfourodendron riedelianum* (guatambu), *Patagonula americana* (guajayvi), *Holocalyx balansae* (yvyra pere), *Diatenopterix sorbifolia* (yvyra piú), *Myrocarpus frondosus* (incienso), y *Enterolobium contortisiliquum* (timbo).

### 2.3.2 Bosque Sub-húmedo Semicaducifolio

Este tipo de formación se encuentra con una precipitación de entre 1600 y 1700 mm anuales, sobre varias de las mesetas de las cordilleras del centro de la región Oriental que presentan suelos poco profundos, arenosos arriba, con abundante materia orgánica, con afloramiento de materiales rocosos y bastante friables, con excepciones de

aquellos sitios en donde los suelos son más parecidos a aquellos sobre los que se desarrollan los bosques húmedos, hacia el este de la cuenca del Tebicuary-mí. La vegetación presenta de 3 a 4 estratos, alcanza unos 20m de altura y tiene presencia de lianas y epifitas.

Estos bosques pueden considerarse relictos, debido a su escasez en todo el mundo y por la imposibilidad de reproducirse muy fácilmente debido a las deterioradas condiciones naturales. Entre las especies preponderantes se destacan:

- ♦ Dentro del primer estrato (más bajo),: *Luehea divaricata* (ka'a oveti), *Xilopia brasiliensis* (yvyra katu), *Patagonula americana* (guajayvi), *Cedrela fissilis* (cedro), *Peltophorum dubium* (yvyra pyta), *Ficus enormes* (guapoy), *Diplokeleba floribunda* (palo piedra).
- ♦ En el segundo estrato: *Plinia rivularis* var. *Baporeti* (yavaporoty), *Sorocea bonplandii*, *Ceiba pubiflora* (samu'u), *Jacaratiá spinosa* (jacarati'a), *Diatenopterix sorbifolia* (yvyra pi'u), *Cupania vernalis* (yaguarata'y), *Helietta apiculata* (yvyra ovi), *Rupechtia laxiflora*, *Allophyllus edulis* (koku), *Chrysophyllum gonocarpum* (aguai), *Chrysophyllum marginatum* (pykasu rembi'u), *Campomanesia xanthocarpa* (guavira), *Copaifera langsdorfii* (kupa'y), y *Esembeckia* sp.
- ♦ En el tercer estrato: *Pilocarpus pennatifolius* (yvyra tai), *Trichillia catigua* (catigua), *Trichillia elegans* (caavo rovei), *Cereus stenogonus* (tuna), *Fagara hyemalis*, *Hexaclamis edulis* (yva hai), *Miconia* sp, *Rheedia brasiliensis* (pacuri), *Cyathea* sp y *Alsophylla aff.cuspidata* (chachi), y *Pereskia aculeata* (tuna).
- ♦ Entre las herbáceas más comunes que aparecen en el sotobosque se mencionan: *Piper amalago* var. *medium*, *P. flavulescens* (cuando la humedad es muy alta), *Piper gaudichaudianum*, *Begonia cucullata* var. *cucullata* (agrial), *Maranta sobolifera*, *Calathea* sp (en condiciones de humedad elevada). En algunas partes el suelo se encuentra tapizado de *Hydrocotyle callicephala*, *Heliotropium transalpinum* y diversas pteridofitas

tales como: *Adiantopsis radiata*, *Adiantopsis chlorophylla*, *Doryopteris nobilis*, *Pleopeltis squamulosa*, *Belchnum brasiliense*, *Didymochlaena truncatula*, y *Thelipteris sp.*

### 2.3.3 Bosque de Ribera

Los bosques de ribera se ubican en los bordes de los cuerpos de agua. Por lo general presentan 2 estratos de vegetación, con unos 10-12m de altura en el estrato superior y con presencia de lianas, escasas epifitas y con sotobosque ralo. Se inundan frecuentemente con las lluvias intensas, debido al desborde de los cursos de agua. Se desarrollan sobre suelos inundables, con dominancia de arcillas y una capa de arena superior que es fácilmente erosionable. Las especies preponderantes son las siguientes: *Guadua angustifolia* (tacuara), *Chusquea ramosissima* (tacuarembo), *Pithecelobium scalare* (tatare), *Gleditsia amorphoides* (espina de corona), *Psidium guajaba* (guayaba), *Sapium haematospermum* (kurupi ka'y), *Croton urucurana* (sangre de drago), *Inga verna* var. *affinis*, *Esenbeckia grandiflora*, *Maclura tinctoria* (tatajyva, mora), *Trichillia elegans*, *Trichillia catigua* (catigua pyta), *Enterolobium contorsiliquum* (timbo), *Sebastiania brasiliensis*, *Celtis pubescens* (juasy'y), entre otras.

### 2.3.4 Bosque Modificado

Aparecen como consecuencia de la degradación de las formaciones prístinas, en donde los suelos han sido modificados ya sea por la ganadería, la agricultura no mecanizada o ambas actividades. Estos bosques se reconocen por la presencia de especies pioneras típicas de los procesos de sucesión secundaria, entre ellas: *Cecropia pachystachya* (amba'y), *Pterogyne nitens* (yvyra ro), *Albizia hassleri* (yvyra ju), *Phytolaca dioica* (ombu), *Acacia paniculada* (jukeri poñy), *Urera caracasana* (pyno guasu), *Urera baccifera*, *Solanum granuloso – leprosum* (hui moneha), *Schinus therebenthifolius* (molle guasu), *Tabernamontana catharinensis* (sapirangy), *Casearia sylvestris* (burro ka'a), *Guazuma ulmifolia* (kamba aka), *Cabrelea canjerana* (cancharana), *Trema mycrantha* (kurundi'y), y *Aloysia virgata*, entre otras.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

Entre las herbáceas de suelo modificado aparecen frecuentemente: *Acanthospermum australe* (tapecue), *Borreria poaya*, *Calea uniflora*, *Crotalaria maypurensis*, *Heliotropium indicum*.

Stutz de Ortega (1983, 1984, 1987 y 1989) menciona que en las sucesiones secundarias son muy abundantes las lianas heliófitas tales como: *Sejania glabarata*, *S. meridianalis* y *S. laurotteana*, *Paullinia elegans*, *Mascagnia breviflora*, *Forsteronia pubescens* y *F. glabrescens*, *Clematis dioica*, *Mikania scandens*, entre otras.

Otras especies consideradas indicadoras de la presencia antropogénica son: *Pterogyne nitens* (yvyra ró), *Ficus enormes* (guapo'y), *Seguiera aculeata* (joyvy), *Rollinia emarginata* (aratiku), entre otras.

### **2.3.5 Bosque con Bambú**

Se presentan como poblaciones puras de *Chusquea ramosísima* y *Guadua angustifolia*, las ``takuaras'', llegando a medir a veces unos 8 – 10 metros de altura; prácticamente no permiten la entrada de otras especies ni aceptan lianas en sus bordes.

Se desarrollan sobre suelos friables, bastante arenosos en superficie y con afloramientos rocosos. Son muy comunes en la ribera del Río Tebicuary.

### **2.3.6 Sabanas**

Son formaciones con dominancia de ``campos'', sean estos inundables o no. En el área de San Rafael la sabana de pastizales se ubica en áreas de transición (ecotono) entre los bosques y las sabanas hidromórficas o humedales. Por lo general su uso es ganadero o de cultivo de subsistencia. Dominan gramíneas y ciperáceas entre las cuales destacan: *Elionorus muticus*, *Schyzachyrium condensatum*, *Rhynchelitrum repens*, y *Cyperus diffusus*.

### 2.3.7 Sabanas Hidromórficas o Humedales

Por lo general se ubican en las depresiones que se encuentran en las cercanías de los cursos de agua y pueden abarcar superficies importantes, ya que las áreas inundables contiguas a los cursos de agua pueden ser extensas, formando verdaderas sábanas hidromórficas. Los suelos de estas sabanas son muy arcillosos, especialmente en el estrato superior; la fisonomía de la vegetación es hidromórfica, con una vegetación dominada por herbáceas de naturaleza acuático-palustre y rizomatozas con algunos arbustos. La vegetación puede ser descrita en tres grupos:

- ◆ Semi-sumergidas o arraigadas, tal como *Pontederia cordata* var. *cordata*, *Thalia geniculata*, *Nymphoides humboldtiana*.
- ◆ Flotantes libres: *Eichornia crassipes* (aguape puru'a), *Pistia stratiotes* (repollito de agua), *Lemna sp* (lenteja de agua).
- ◆ Palustres: *Tibouchina sp*, *Pfaffia glomerata*, *Cyperus odoratus*, *Hedychyum coronarium*, *Paspalum erianthoides*.

### 2.4 Estimación del Stock de Carbono

Las existencias de carbono en un ecosistema se calcula mediante dos variables fundamentales que son: la extensión del ecosistema y la densidad de carbono. La siguiente ecuación se aplica para la obtención del carbono existente en un ecosistema.

$$C = A * D_C \quad (1)$$

**Donde:**

**C** : cantidad total de dióxido de carbono equivalente en un ecosistema, en toneladas de CO<sub>2</sub>e

**A** : área del ecosistema, en hectáreas

**D<sub>C</sub>** : densidad de carbono, en toneladas de CO<sub>2</sub>e. ha<sup>-1</sup>

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

Las fronteras del proyecto están compuestas por estratos que tienen diferentes densidades de carbono (diferentes clases de usos de la tierra y cobertura), entonces, es necesario el cálculo de las densidades de cada uno de ellos y luego sumarlos. La siguiente ecuación es utilizada para la suma de las diferentes densidades de carbono para los estratos.

$$C = (A_1 * D_{C1}) + (A_2 * D_{C2}) + \dots + (A_n * D_{Cn}) \quad (2)$$

**Donde:**

- C** : cantidad total de dióxido de carbono equivalente en un ecosistema, en toneladas de CO<sub>2</sub>e
- A** : área del ecosistema del estrato 1... n, en hectáreas
- D<sub>C</sub>** : densidad de carbono del estrato 1...n, en toneladas de CO<sub>2</sub>e. ha<sup>-1</sup>

El objetivo fundamental de los proyectos REDD es la reducción netas antropogénicas de emisiones de gases de efecto invernadero, la siguiente ecuación presenta la forma de obtención de los valores de reducción de cualquier tipo de proyecto REDD.

$$\text{Reducción de Emisiones REDD} = \text{Emisiones Línea Base} - \text{Emisiones Proyecto} - \text{Fugas} \quad (3)$$

Donde:

Emisiones Línea Base:  $\sum$  cambios de stock de carbono

Emisiones Proyecto :  $\sum$  cambios de stock de carbono –  $\sum$  emisiones de GEI

Fugas :  $\sum$  aumento de emisiones de GEI

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

## 2.5 Fronteras Potenciales del Proyecto

En esta primera fase de preparación del proyecto no contamos con los límites o fronteras espaciales bien definidos, tanto el área del proyecto, cinturón de fugas y región de referencia. Es por ello que se opta por seguir los mismos delineamientos propuestos por (Pedroni et al., 2003), para San Rafael.

La siguiente matriz desarrollada analiza los estratos definidos para San Rafael, donde como producto se preparan mapas de cobertura de suelo con la siguiente leyenda:

- ♦ Cuerpos de agua
- ♦ Pastizales naturales
- ♦ Áreas de agricultura sobre suelos deforestados
- ♦ Bosques ribereños
- ♦ Bosques tipo 1 y 2

**Cuadro 2:** Matriz para definir los estratos en San Rafael.

		Tipos de vegetación natural original				
		Cursos y cuerpos de agua	Pastizales naturales	Bosque bajo o ribereño	Bosque alto	Bosque secundario
Usos potenciales de cada tipo de vegetación natural	Pastoreo extensivo	na	A, D	na	A1,D	A1,D
	Agricultura	na	A, D	na	A1,D	A1,D
	Vegetación secundaria leñosa después de abandono	na	na	na	A2, B, D	A2
	Aprovechamiento de recursos sin cambio de uso	na	na	A	A2, B, D	A2
	Sin uso	A	na	na	Na	Na

- A: Estratos que deben aparecer en los mapas (A1 y A2 serán dos categorías distintas)
- B: Estratos con inventario forestal preexistente
- C: Estratos donde se realizaron muestreos de biomasa en el 2003
- D: Estratos donde se realizaron muestreos de suelo en el 2003
- na: No aplica

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

Con la información disponible procedente de imágenes de satélite y mapas existentes no es posible estratificar los bosques en estratos que representen categorías distintas de densidad de carbono. Por lo tanto, se consideran únicamente tres estratos de bosque: el ribereño, secundario y el que está afuera del área de influencia de los cursos de agua y que llamaremos bosque primario intervenido.

## **2.6 Estimado de Área**

### **2.6.1 Metodología de Clasificación de la Cobertura de la Tierra en la Zona de San Rafael**

La metodología utilizada para la obtención de las superficies de Cobertura de la Tierra en la zona de San Rafael fue la de reagrupamiento de clases de cobertura de una clasificación no supervisada, de imágenes satelitales, la misma se detalla a continuación.

- a. Adquisición de imágenes satelitales en formato digital: Se seleccionaron de los archivos propios de Guyra Paraguay, dos escenas satelitales del Sensor Landsat 5 TM (Path 224, Row 78), que fueron las siguientes:
  - Escena 224 78 del 03 de febrero de 2.002 con 7 bandas espectrales y resolución espacial de 30 metros \* banda 6, resolución de 60 metros.
  - Escena 224 78 del 2 de abril de 2009 con 7 bandas espectrales y resolución espacial de 30 metros \* banda 6, resolución de 60 metros.
- b. Pre-procesamiento: Georeferenciación de las dos imágenes y definición de un área común entre las dos, para el posterior corte del correspondiente al área de estudio.
- c. Clasificación no supervisada, en base a 50 clases, utilizando la extensión Image Análisis del software ArcView GIS 3.3. Reclasificación mediante agrupamiento



en clases más generales, hasta llegar a un número de 7 clases, tomando las decisiones de reagrupamiento, mediante un análisis visual de las imágenes y la clasificación no supervisada.

- d. Cuantificación de las superficies ocupadas por cada clase y elaboración de mapas temáticos mediante la utilización del módulo “Layout” del software Arcview, para su posterior impresión y distribución en formato digital.
- e. Aplicación de un filtro de vecindad de 5x5 píxeles a ambas escenas clasificadas, para disminuir el efecto de pequeñas agrupaciones de píxeles de diferentes clases, conocidos como efecto de “sal y pimienta”.

Mediante el análisis de imágenes de satélite para el período 2002 - 2009 se prepararon mapas de cobertura del suelo con la siguiente leyenda:

- ◆ Bosque Primario Intervenido (**BPI**)
- ◆ Bosque Bajo (**BB**)
- ◆ Bosque Secundario (**BS**)
- ◆ Pastizales naturales y pasturas para ganadería (agrupados en una sola categoría como pastizales) (**P**)
- ◆ Cultivos (**C**)
- ◆ Cuerpos de agua (**A**)

## **2.7 Estimado de la tasa de deforestación**

La tasa de deforestación es el porcentaje promedio de bosque perdido anualmente en un área y durante un período determinado, es un indicador de la magnitud del proceso de transformación de la cobertura forestal. Hay diversas formas para calcularlas. En este estudio fue utilizada la siguiente ecuación propuesta por la FAO (1996).

$$r = 1 - \left[ 1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1} \right]^{1/t} \quad (4)$$

**Donde:**

**r** : tasa de deforestación

**A<sub>1</sub>** : superficie en el año 2002

**A<sub>2</sub>** : superficie en el año 2009

**t** : intervalo de tiempo entre los dos años de medición

## **2.8 Matriz de Cambio de Uso de la Tierra**

La matriz de cambio de uso de la tierra es una forma muy concisa de representar la dinámica de cambio de la cobertura del suelo en un área y durante un período determinado. Una forma de obtenerla es mediante la combinación de dos mapas digitales de cobertura del suelo.

Utilizando el software ArcView 3.3 se generó una matriz de cambio de uso de la tierra combinando los mapas obtenidos de la clasificación de las imágenes de satélite del año 2002 y 2009.

La matriz de cambio de uso del suelo puede revelar pequeñas inconsistencias en el resultado del análisis de las imágenes de satélite. En efecto, existen transiciones de cobertura del suelo que son imposibles durante un período tan corto como el período 2002 - 2009. Un ejemplo es la transición de sabana a bosque primario. Este tipo de transiciones evidencian la existencia de errores en la clasificación de las imágenes de satélite.

Para eliminar tales inconsistencias, se realizó una interpretación visual de las imágenes de satélite en las áreas en donde aparecían transiciones imposibles. Con base en la interpretación visual se corrigieron los mapas de cobertura del suelo. Luego se volvió a generar una matriz de cambio de uso en la cual todas las transiciones podían considerarse consistentes y plausibles.

## **2.9 Densidad de Carbono**

La determinación de la densidad de carbono de cada estrato implica la estimación de los siguientes reservorios:

- ◆ Biomasa arriba del suelo.  
La biomasa arriba del suelo está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea.
- ◆ Biomasa bajo del suelo o radicular.  
La biomasa abajo del suelo se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Un método sencillo de estimar este valor, basado en valores ya existentes o calculando un porcentaje de la biomasa arriba del suelo. Sin embargo hay varias situaciones en las que es posible medirla y resulta importante y costo efectivo.
- ◆ Madera muerta o necromasa.  
Comprende toda la biomasa boscosa no viva no contenida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en le suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de 10 cm. de DAP o más.
- ◆ Mantillo.  
Comprende toda la biomasa que yace muerta en varios estados de descomposición sobre el suelo.
- ◆ Suelos.  
Comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos a una profundidad especificada.

### 2.9.1 Biomasa Viva Arriba del Suelo

Los datos provenientes del inventario 2002 proporcionan estimaciones de biomasa arriba del suelo basadas en datos procedentes de mediciones de campo del bosque primario intervenido; para el bosque bajo o ribereño y secundario se asume un valor conservador de biomasa de 50 % en relación a la existencia con el bosque primario. Para los demás estratos solamente los valores de carbono en el suelo fueron basados en mediciones de campo en dicho periodo de tiempo.

La siguiente ecuación alométrica propuesta por Brown (1997) fue utilizada para la obtención del valor de la biomasa viva arriba del suelo.

$$Biomasa = e^{[-2,289 + 2,649 * \ln(DAP) - 0,021 * (DAP) * (DAP)]} \quad (5)$$

**Donde:**

***e*** : exponente [...] significa elevado a la potencia de [...]

***ln*** : logaritmo natural

**DAP** : diámetro a la altura de pecho (1,30 m)

### 2.9.2 Biomasa Bajo el Suelo o Radicular

La estimación de la biomasa radicular es un trabajo laborioso y costoso en los estudios de carbono. El trabajo de estimación del 2002 no pudo efectuar mediciones de biomasa de radicular y tampoco se encontraron ecuaciones alométricas locales para estimarlas a partir de algún parámetro fácil de medir en el campo. Por lo tanto, la biomasa de raíces se estimó utilizando la siguiente ecuación tomada de la Orientación sobre las buenas prácticas del IPCC (versión draft).

$$Biomasa\ radicular = e^{[-1,0587 + 0,8836 * \ln (biomasa\ arriba\ del\ suelo)]} \quad (6)$$

**Donde:**

$e$  : exponente [...] significa elevado a la potencia de [...]

$\ln$  : logaritmo natural

### 2.9.3 Actualización de los valores de incremento medio de la biomasa sobre y bajo el suelo

Los valores obtenidos para estos reservorios fueron procesados y actualizados, siguiendo los parámetros y ecuaciones propuestas por el IPCC (Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura), en algunos de los casos fueron adaptados según la necesidad y los datos disponibles.

$$C_{TOTAL} = C_W * (1 + R) \quad (7)$$

**Donde:**

$C_{TOTAL}$  : incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas de m.s.  $ha^{-1} año^{-1}$

$C_W$  : incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo, en toneladas de m.s.  $ha^{-1} año^{-1}$

$R$  : relación raíz - vástago apropiada para los incrementos, sin dimensiones

Haciendo una adaptación de la formula 7 considerando que se están siguiendo los mismos delineamientos utilizados en la investigación del año 2002, obtenemos la siguiente la siguiente ecuación se aplica para la obtención del incremento anual medio de la biomasa en el bosque bajo o ribereño, lo resaltante es que se asume la hipótesis conservadora de que la biomasa existente en el bosque ribereño representa el 50 % de lo que podríamos encontrar en un bosque primario.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

$$C_{TOTAL} = C_W * (1 + R) * 0,5 \quad (8)$$

**Donde:**

**C<sub>TOTAL</sub>** : incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo, en toneladas de m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

**C<sub>W</sub>** : incremento anual medio de la biomasa sobre el suelo, en toneladas de m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

**R** : relación raíz - vástago apropiada para los incrementos, sin dimensiones

**0,5** : se asume un valor conservador de que la biomasa en el bosque ribereño y secundario representa el 50 % de la existencia que posee el bosque primario

#### **2.9.4 Madera Muerta o Necromasa**

En esta primera etapa de desarrollo del proyecto se hace imposible o poco factible hacer levantamientos de campo, es por eso que se asume una actitud conservadora para este reservorio. Asumiendo que los valores se mantienen constantes entre estos periodos de tiempo.

#### **2.9.5 Mantillo**

Para este reservorio se asume la hipótesis de que el carbono presente termina alcanzando un valor estable, según el tipo de bosque, el régimen de alteración y las practicas de gestión; entonces, los valores obtenidos en el 2002 son incorporados para la presente estimación.

#### **2.9.6 Suelo**

Se mantiene los mismos valores obtenidos en el 2002, asumiendo la hipótesis de que la materia orgánica en el suelo se encuentra en un equilibrio dinámico entre entradas y salidas de carbono orgánico.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

**2.10 Cálculo de Emisiones**

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>e debido al cambio de uso de la tierra se procedió a restar el stock de carbono presente en el año 2002 con el stock presente en el 2009; es importante destacar que para la cuantificación de las emisiones solo la categoría de uso Bosque es analizado.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Estimado de Área**

Los valores de las áreas para cada categoría de uso identificadas en la Reserva para Parque San Rafael para los años 2002 y 2009 se detallan en el Tabla 1

**Tabla 1.** Superficie de las clases identificadas con la clasificación supervisada

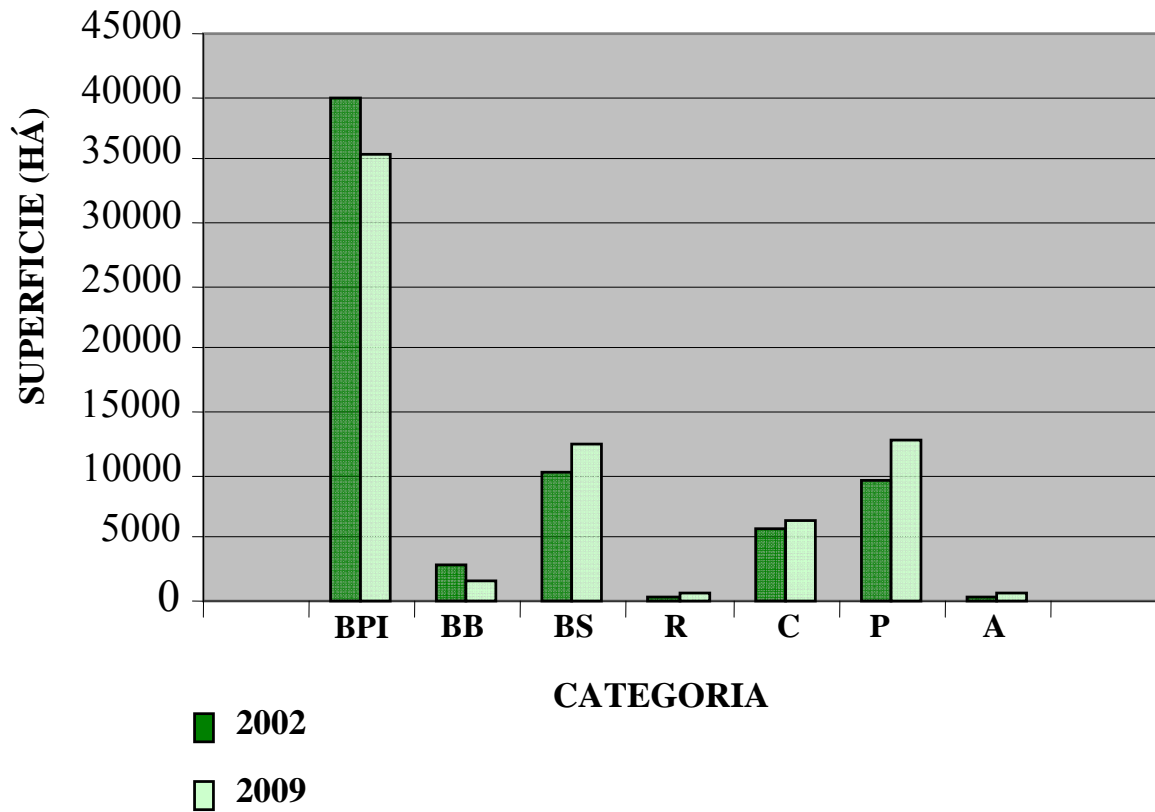
<b>Categoría de Uso</b>	<b>Estrato</b>	<b>Superficie en hectáreas</b>	
		<b>2002</b>	<b>2009</b>
<b>Bosque</b>	<b>BP (bosque primario)</b>	<b>40.025</b>	<b>35.270,25</b>
	<b>BB (bosque bajo)</b>	<b>2.965,50</b>	<b>1500,2</b>
	<b>BS (bosque secundario)</b>	<b>10.125,33</b>	<b>12.570,05</b>
<b>Reforestación</b>		<b>463,39</b>	<b>525,12</b>
<b>Cultivo</b>		<b>5.613,48</b>	<b>6.256,26</b>
<b>Pastizal</b>		<b>9.610,11</b>	<b>12.682,41</b>
<b>Agua</b>		<b>459,09</b>	<b>500,21</b>
<b>Sin Clasificar</b>		<b>42,5</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>		<b>69.304,50</b>	<b>69.304,50</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



La figura 1 muestra la comparación de las superficies de cada categoría de uso clasificadas para el área de estudio, el proceso de deforestación se observa en las categorías Bosque Primario Intervenido (BPI) y Bosque Bajo (BB). Es importante destacar que no se consideraron otros tipos de cambios en la cobertura forestal como la degradación.

**Figura 1:** Superficie de cada categoría del periodo 2002 – 2009



### 3.2 Tasa de Deforestación

Para el área de la reserva se obtuvo una tasa de deforestación de 0,02 % en relación a la superficie total de bosques existente en el año 2002 lo que se traduce en un promedio de 888,57 hectáreas de bosques deforestadas anualmente dentro de la reserva durante el periodo 2002 – 2009 (Ver Tabla 2). Para el cálculo de dicha tasa no se consideran otros tipos de cambios en la cobertura forestal como la regeneración o la degradación de bosques.

**Tabla 2.** Tasa de deforestación para el periodo 2002 – 2009

PERIODO	2002 – 2009
Superficie de bosque <sub>2002</sub> - Superficie de bosque <sub>2009</sub>	3.775,33
Superficie deforestada año <sup>1</sup>	539,33
Tasa de deforestación	0,01

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3 Matriz de cambio de uso de la tierra

#### ♦ Bosque Primario Intervenido

En esta categoría de uso se muestra una disminución en su cobertura de 4.754,75 hectáreas entre los periodos analizados; estos datos representan una disminución del 11,88 % con relación al año 2002.

#### ♦ Bosque Bajo

También esta categoría muestra una disminución en su cobertura de 1.465,3 hectáreas, representando una disminución del 49,42 %, un valor muy significativo para el análisis.

♦ **Bosque Secundario**

En esta categoría se puede apreciar un aumento en la cobertura de 2.444,72 hectáreas, que representan un incremento de 24,14 %; esto se debe a la dinámica fitosociología del ecosistema en cuestión.

♦ **Reforestación**

Esta categoría presenta un incremento de 49,73 hectáreas en su cobertura, representando un aumento del 10,46 % en relación con el periodo 2002; esto se debe a los trabajos de restauración que se vienen desarrollando en la Reserva.

♦ **Cultivo**

El área de cultivo aumento 642,78 hectáreas en el lapso de tiempo analizado, valor que representa un incremento de 11,45 % considerando el periodo 2002. Las características de derecho de propiedad y categoría de manejo de San Rafael hacen que prosigan los cambios de usos de la tierra, donde el bosque es el principal blanco de conversión.

♦ **Pastizales**

Se puede observar también en esta categoría un aumento significativo con relación al año 2002, su incremento representa un aumento de 31,97 % en su cobertura.

### **3.4 Densidad de Carbono en la Categoría Bosques**

Los valores de los reservorios biomasa viva arriba del suelo y radicular fueron los únicos actualizados debido a la información obtenida y considerando que son los más importantes reservorios de estudios para este tipo de investigación. El valor actualizado representa un incremento anual medio de la biomasa arriba del suelo y radicular de **1,24 ton. m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>**

Los datos analizados reflejan la estimación de que en la formación forestal bosque primario existen para el periodo 2009, unas **252,599 tC. ha<sup>-1</sup>** según los reservorios estudiados. Los valores se detallan en la tabla 3.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

**Tabla 3.** Densidad de carbono para los estratos forestales expresados en tC ha<sup>-1</sup>

<b>ESTRATO</b>	<b>RESERVORIO</b>	<b>DENSIDAD DE CARBONO</b>	
		<b>2002</b>	<b>2009</b>
<b>BOSQUE PRIMARIO</b>	<b>Biomasa Viva Arriba del Suelo.</b>	<b>141,275</b>	<b>149,955*</b>
	<b>Biomasa Bajo el Suelo o Radicular.</b>	<b>28,219</b>	<b>29,02</b>
	<b>Madera Muerta o Necromasa.</b>	<b>44,167</b>	<b>44,167</b>
	<b>Mantillo y Suelo.</b>	<b>38,938</b>	<b>38,938</b>
<b>B.P.</b>	<b>tC. ha<sup>-1</sup></b>	<b>252,599</b>	<b>262,08</b>
<b>BOSQUE BAJO</b>	<b>Se asume la existencia del 50 %, en relación con el B.A.</b>	<b>126,299</b>	<b>131,04</b>
<b>B.B.</b>	<b>tC. ha<sup>-1</sup></b>	<b>126,299</b>	<b>131,04</b>
<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>	<b>Se asume la existencia del 50 %, en relación con el B.A.</b>	<b>126,299</b>	<b>131,04</b>
<b>B.S.</b>	<b>tC. ha<sup>-1</sup></b>	<b>126,299</b>	<b>131,04</b>

\* El calculo del incremento anual medio de la biomasa arriba y bajo el suelo se realizo utilizando la ecuación 7.

Los valores de carbono obtenidos de cada reservorio son multiplicados por 3,667, que es el valor de conversión de Carbono a Dióxido de Carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), cuyo valor es el comercializado en los mercados. En la tabla 4 se presentan cada uno estos valores.

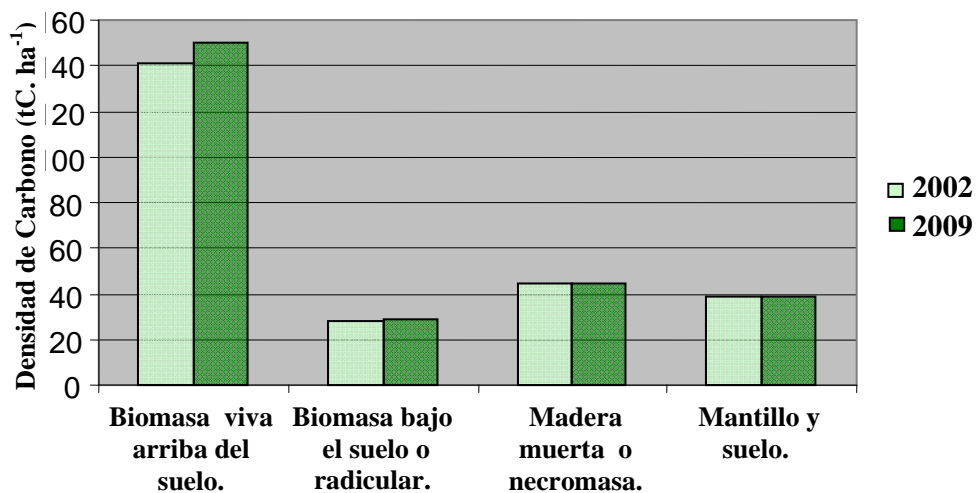
**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

**Tabla 4.** Densidad de carbono para los estratos forestales expresados en tCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>

ESTRATO	RESERVORIO	DENSIDAD DE CARBONO	
		2002	2009
BOSQUE PRIMARIO	Biomasa Viva Arriba del Suelo.	518,055	549,884
	Biomasa Bajo el Suelo o Radicular.	103,469	106,416
	Madera Muerta o Necromasa.	161,960	161,960
	Mantillo y Suelo.	142,785	142,785
B.P.	tCO <sub>2</sub> e. ha <sup>-1</sup>	926,764	961,045
BOSQUE BAJO	Se asume la existencia del 50 %, en relación con el B.A.	463,382	480,522
B.B.	tCO <sub>2</sub> e. ha <sup>-1</sup>	463,382	480,522
BOSQUE SECUNDARIO	Se asume la existencia del 50 %, en relación con el B.A.	463,382	480,522
B.S.	tCO <sub>2</sub> e. ha <sup>-1</sup>	463,382	480,522

En la figura 2 se puede apreciar los valores de los reservorios estudiados para la categoría bosque.

**Figura 2.** Densidad de carbono de la categoría bosque



### **3.5 Densidad de Carbono en la Categoría Reforestación**

Se desconocen los datos de las reforestaciones como ser el tipo de especie, densidad de plantación y el tamaño para el periodo 2002, con el trabajo de interpretación de imágenes satelitales se obtienen valores netos para esta categoría (463,39 ha) debido a que se localizan en propiedades privadas dentro de San Rafael. En el año 2007 Guyra Paraguay desarrolla el proyecto de restauración (62 ha) en su propiedad, los trabajos están bien documentados y utilizamos el valor obtenido de remoción de las parcelas de **6,405 tCO<sub>2</sub>e. ha<sup>1</sup>**

Asumiendo una actitud conservadora utilizamos el valor de las parcelas de restauración y multiplicamos por la superficie para el periodo 2002 – 2009, así obtenemos la cantidad total de CO<sub>2</sub>e del ecosistema.

### **3.6 Densidad de Carbono en la Categoría Cultivos**

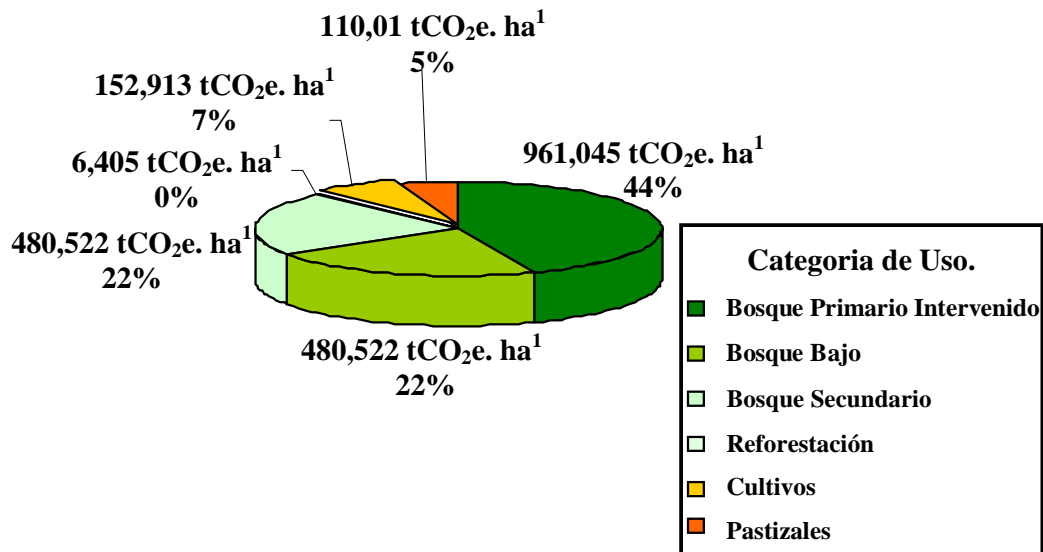
Para esta categoría se asume la hipótesis conservadora de que el valor que se obtuvo en el periodo 2002, sigue siendo la misma para el presente. Es importante destacar que es mejor incluir dicho valor antes que obviarlo, entonces tenemos un valor de **41,7 tC. ha<sup>1</sup>**; convirtiéndolo a CO<sub>2</sub> equivalente representa **152,913 tCO<sub>2</sub>e. ha<sup>1</sup>**.

### **3.7 Densidad de Carbono en la Categoría Pastizales**

Así como la anterior categoría se vuelve a utilizar el mismo valor del periodo 2002, cuyo valor es de **30 tC. ha<sup>1</sup>**, que representan **110,01 tCO<sub>2</sub>e. ha<sup>1</sup>**.

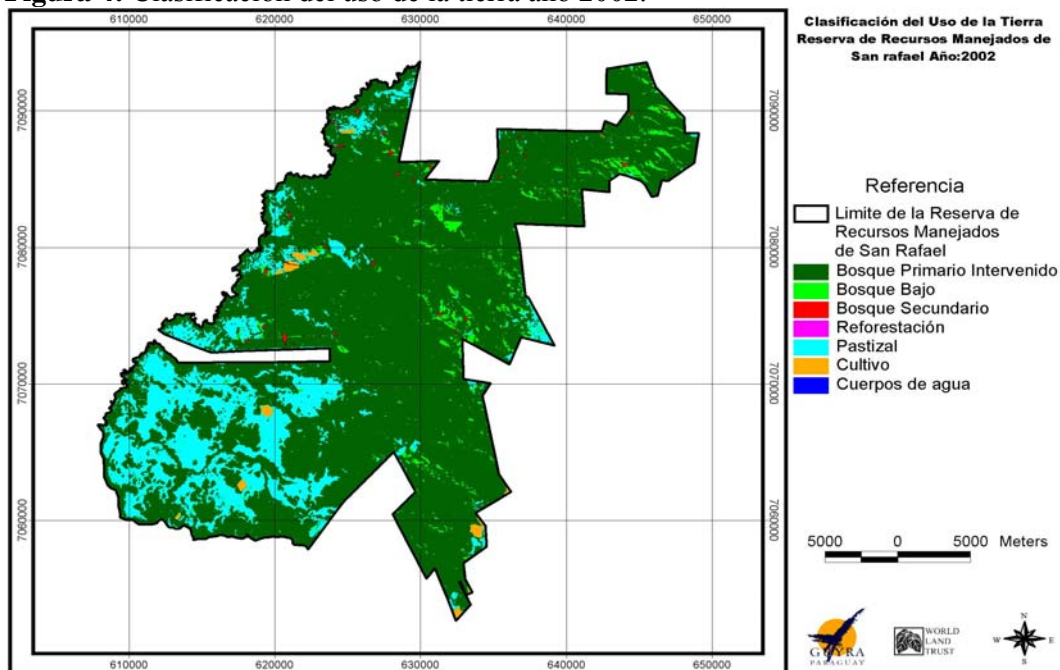
En la figura 3 se aprecia la porción de distribución de cada categoría de uso según los valores de tCO<sub>2</sub>e. ha<sup>1</sup> obtenidos.

**Figura 3.** Distribución de cada categoría de uso de los valores de tCO<sub>2</sub>e

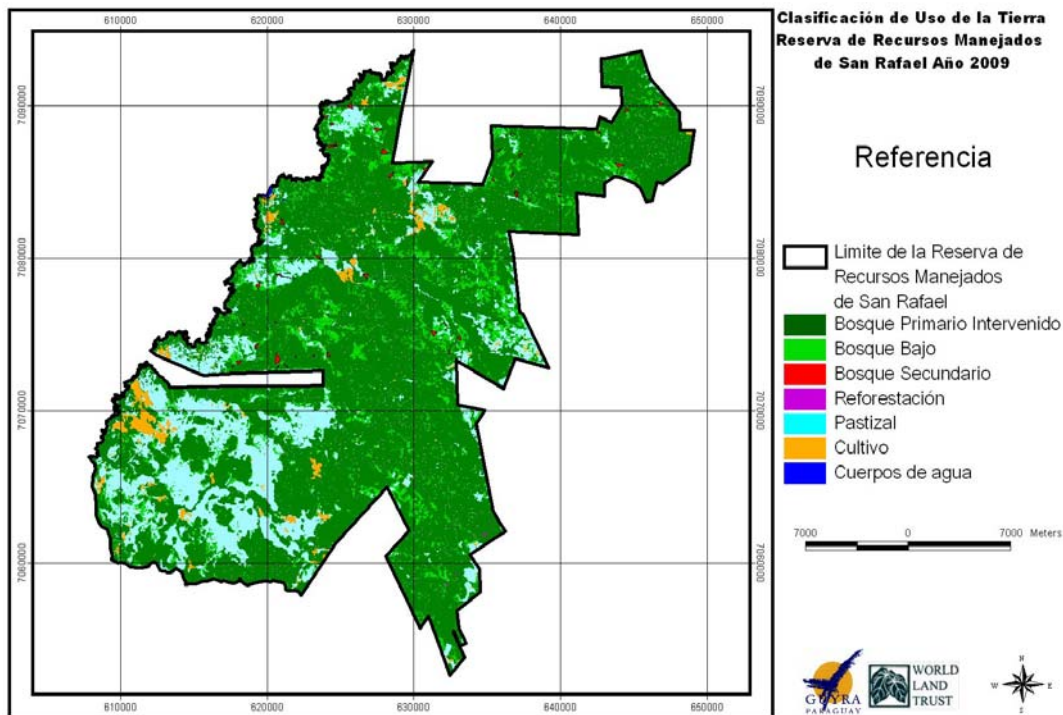


Las figuras 4 y 5 muestran la clasificación del uso de la tierra para el periodo 2002 – 2009.

**Figura 4:** Clasificación del uso de la tierra año 2002.



**Figura 5:** Clasificación del uso de la tierra del año 2009.



### 3.8 Estimación del Stock de Carbono y Emisiones

Los datos analizados muestran una disminución del stock de carbono de **1.050.098,688 tC** para el periodo de tiempo 2002 – 2009, este valor representa una emisión de **3.850.711,89 tCO<sub>2</sub>e**. El Bosque Primario Intervenido y el Bosque Bajo son la clase de uso de la tierra que sufrieron modificaciones de cambio de uso.

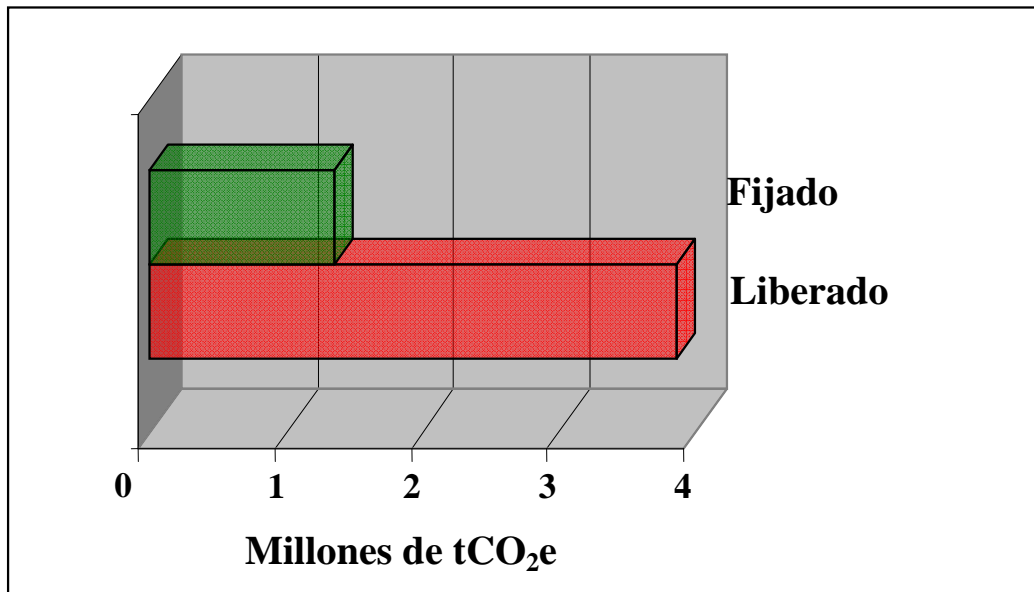
La dinámica del Bosque Secundario y las parcelas de Reforestación (Restauración) muestran una remoción del stock de carbono de **368.599,2 tC**, esto equivale a **1.351.653,29 tCO<sub>2</sub>e** debido a la aparición de vegetación secundaria e incremento de la biomasa de la restauración que están actuando como sumideros.



**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

El área de estudio tiene un balance negativo de **2.499.058,6 tCO<sub>2</sub>e**, lo cual nos da la pauta de que se deben aunar esfuerzos especialmente con los demás propietarios de la Reserva para conservar la cobertura forestal, y es aquí donde el futuro Proyecto REDD posee fortaleza ofreciendo incentivos monetarios de las ventas de los créditos de carbono generados a todos aquellos predispuestos a conservar las masas boscosas. El balance de carbono se muestra en la figura 6.

**Figura 6:** Balance de las emisiones y remociones de carbono en San Rafael.



Los datos procesados y analizados de la biomasa existente en la Reserva Para Parque San Rafael nos proporcionan el stock de carbono y emisiones generadas por el cambio de uso de la tierra para el periodo en cuestión; los valores obtenidos se detallan en la tabla 5.

ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN

RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.

**Tabla 5.** Stock de carbono y emisiones para el periodo 2002 – 2009

Clase de Uso de la Tierra	Densidad Total de Carbono (tCO <sub>2</sub> e.ha <sup>1</sup> )	ÁREA <sub>2002</sub> ha <sup>1</sup>	ÁREA <sub>2009</sub> ha <sup>1</sup>	C <sub>2002</sub> = A * D <sub>C</sub> (tCO <sub>2</sub> e)	C <sub>2009</sub> = A * D <sub>C</sub> (tCO <sub>2</sub> e)
Bosque Primario Intervenido	926,764	40.025	35.270,25	37.093.729,1	33.896.297,41
	961,045				
Bosque Bajo	463,382	2.965,50	1500,2	1.374.159,3	720.879,1
	480,522				
Bosque Secundario	463,382	10.125,33	12.570,05	4.691.895,6	6.040.185,5
	480,522				
Reforestación *	6,405	463,39	525,12		3.363,39
Cultivo	152,913	5.613,48	6.256,26	858.374,1	956.663,4
	152,913				
Pastizales	110,01	9.610,11	12.682,41	1.057.208,2	1.395.191,9
	110,01				
EMISIONES DE tCO <sub>2</sub> e (2002 – 2009) **					
3.850.711,89					
REMOCIONES DE tCO <sub>2</sub> e (2002 – 2009) ***					
1.351.653,29					
BALANCE DE tCO <sub>2</sub> e					
2.499.058,6					



Valores del año 2002

Valores del año 2009

\* Se desconocen los datos de las reforestaciones realizadas por propietarios particulares, es por eso que solo es utilizado los datos de las parcelas de restauración realizadas por Guyra Paraguay.

\*\* Las emisiones de CO<sub>2</sub>e fueron analizados solamente de las categorías Bosque Primario y Bosque Bajo.

\*\*\* Las remociones de CO<sub>2</sub>e fueron analizados de las categoría Bosque Secundario y Reforestación.

#### 4 CONCLUSIÓN

En la Reserva Para Parque San Rafael según los datos analizados mediante las interpretaciones de las imágenes satelitales y los resultados generados se concluye que durante el periodo 2002 – 2009 la cobertura forestal de la Reserva disminuyó 7,1 %, valor que representa 3.775,33 ha. El proceso de deforestación se observa en las categorías Bosque Primario Intervenido (BPI) y Bosque Bajo (BB) a un ritmo de 3.775,33 ha. año<sup>-1</sup>, representando una tasa de 0,01; es importante destacar que no se consideraron otros tipos de cambios en la cobertura forestal como la degradación. El Bosque Secundario (BS) en contrapartida aumentó su cobertura un 24,14 %, unas 2.444,72 ha como consecuencia de la dinámica fitosociológica.

Las actividades productivas agropecuarias se siguen desarrollando dentro de la Reserva siendo el bosque nativo el principal objeto de conversión, así tenemos un aumento del cultivo de 11,45 % (642,78 ha) y la categoría pastizales en 31,97 % (3.072,3 ha); es importante destacar que dentro de esta categoría están incluidas las pastizales naturales y pasturas implantadas. La interpretación de las imágenes satelitales debe estar apoyada con los viajes de campo para el reconocimiento de las áreas de estudio para que puedan ser bien discriminadas en gabinete, motivo por el cual se incluyen en una sola categoría de uso.

La actualización de los reservorios biomasa arriba del suelo y radicular nos muestran un incremento anual medio de la biomasa de 1,24 ton. m.s. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; los datos analizados reflejan la estimación de que en la formación forestal bosque primario existen para el periodo 2009, unas 252,599 tC. ha<sup>-1</sup> (926,764 CO<sub>2</sub>e. ha<sup>-1</sup>) según los reservorios estudiados.

El stock de carbono disminuyó **1.050.098,688 tC** para el periodo de tiempo 2002 – 2009, este valor representa una emisión de **3.850.711,89 tCO<sub>2</sub>e** siendo las categorías Bosque Primario Intervenido y Bosque Bajo los que sufrieron modificaciones en su configuración.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

La dinámica del Bosque Secundario y las parcelas de Reforestación (Restauración) muestran una remoción del stock de carbono de **368.599,2 tC**, esto equivale a **1.351.653,29 tCO<sub>2</sub>e** debido a la aparición de vegetación secundaria e incremento de la biomasa de la restauración que están actuando como sumideros.

La Reserva Para Parque San Rafael en el lapso de tiempo analizado arroja un balance negativo de dióxido de carbono de **2.499.058,6 tCO<sub>2</sub>e**, valor muy significativo y que sustenta el desarrollo del Proyecto de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO, J. 2004. Las posibilidades energéticas de la biomasa en la Comunidad Autónoma de Madrid (en línea). Madrid, ES. Consultado el 26 de marzo de 2009. Disponible en [www.ucm.es/BUCM/revista/cca/11391987/articulos/OBMD0404110195A.PDF](http://www.ucm.es/BUCM/revista/cca/11391987/articulos/OBMD0404110195A.PDF)
- AMARILLA, S. 2004. Acceso y uso de los recursos forestales y escenarios de sostenibilidad en la Reserva de Recursos Manejados San Rafael, Paraguay. Tesis (M. Sc.). Turrialba, CR: CATIE. 165p.
- BRENES, G. s.f. Parcelas de muestreo, una herramienta de investigación de nuestros Bosques (en línea). CR. Consultado el 27 de marzo de 2009. Disponible en [www.acguancaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/76.html](http://www.acguancaste.ac.cr/rothschildia/v1n1/textos/76.html)
- BRITOS, J. 1997. Obtención de valores de coeficiente mórfico en tres especies nativas. Tesis (Ing. Forestal). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 40 p.
- BRITOS, G. 2005. Evaluación del crecimiento de ocho especies forestales nativas en una plantación mixta, en el centro forestal Alto Paraná. Tesis (Ing. Forestal). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 119 p.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper – 134 (en línea). Roma. Consultado el 19 de abril 2008. Disponible en [www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm](http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm).
- CHAVE, J; MULLER, L; BAKER, H; EASDALE, T; STEEGE, H; WEDD, C. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. Ecological Applications. 16: 2356-2367.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

- D'ALMEIDA, G. 2002. Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto. (en línea). Consultado el 27 de mayo de 2007. Disponible en [www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/Disserta%E7%E3o\\_Scarpinella.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/Disserta%E7%E3o_Scarpinella.pdf) –
- FALLAS GAMBOA, J. s.f. Análisis estructural de comunidades forestales tropicales. Heredia, CR. 9 p.
- FAO. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Roma: FAO. 146p.
- FAO.1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, 152 pp. Roma.
- FAO. 1999. El protocolo de Kyoto y el mecanismo para un desarrollo limpio: nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Santiago, CH: FAO. 98p.
- FAO. 2007. Situación de los bosques del mundo 2007. Roma: FAO. 141p.
- FLEITAS, W. 2002. Evaluación de la influencia de cuatro tratamientos silviculturales en la regeneración natural en un bosque nativo degradado. Tesis (Ing. Forestal). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 138 p.
- FUNDACIÓN SOLAR. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono. Lilian Márquez (ed.). Guatemala: Fundación Sol. 31p.
- GASPARRI, I; MANGHI, E. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas: informe final (en línea). Buenos Aires, AR. Consultado el 01 de abril 2009. Disponible en [www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/publicaciones/volumen\\_biomasa\\_carbono.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/publicaciones/volumen_biomasa_carbono.pdf).

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

- GAYOSO, J; GUERRA, J. 2001. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. Valdivia, CH: Universidad Austral de Chile. 8p.
- HUESPE, H; SPINZI, L; CURIEL, M; BURGOS, S. 1995. Atlas ambiental de Región Oriental del Paraguay. San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. V2.
- IPCC. 2000. Land Use, Land Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Robert. Cambridge University Press, UK. pp 375.
- IPCC. 2005. Orientaciones sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Suiza: OMM. 628p.
- KANNINEN, M. 2001. Bosques tropicales y subtropicales: el ciclo del carbono, In: Cambio climático el mecanismo de desarrollo limpio y el sector forestal (2001, San Lorenzo, PY). Guyra Paraguay/ IDEA/ FIA/ CATIE/ CIDA/ CNF. 13p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. A. Carrillo. Eschborn, AL: GTZ. 355 p.
- LOCATELLI, B. 2005. Cómo estimar el carbono almacenado en un ecosistema, In: Curso regional de cambio climático y diseño de proyectos forestales en el mecanismo de desarrollo limpio (2005, San Lorenzo, PY). Guyra Paraguay/ CATIE/ CIRAD/ FCA. 22p.
- LÓPEZ, A; LITTLE, E; RITZ, J; ROMBOLD, J; HAHN, W. 2002. Árboles Comunes del Paraguay: Ñande Yvyra Mata Kuera. 2° ed. San Lorenzo; PY: Cuerpo de Paz, US/FCA/UNA. 458p.

**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

- LOUMAN, B.; QUIRÓS, D.; NILSSON, M. 2001. Silvicultura de Bosques Latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 263 p.
- MACHADO, S.1984. Produção e avaliação de biomassa florestal. In: Curso de actualización sobre sistemas de exploración e transporte florestal (5, 1964, Curitiba, BR) 1984 (Trabalhos apresentados). Universidad Federal do Paraná, Curitiba, BR. p 15-38.
- MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY)/ DOA (Dirección de Ordenamiento Ambiental)/ BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). 1998. Proyecto Sistema Ambiental del Chaco. Inventario, Evaluación y Reconocimiento para la Protección de los Espacios Naturales en la Región Occidental del Paraguay. Investigaciones Especiales. Asunción, PY: 2 tomos.
- MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). DGP (Dirección General de Planificación). 2006. Subsector forestal. El sector agropecuario y forestal en cifras (PY). (4):77-86.
- NASCIMENTO, R.1991. Discutiendo números de desmatamentos. Interciencia, Vol. 16 n° 5 pp. 232-239.
- PARRA, A; ELSAM, R; RODAS, O; PENAYO, K; PENODRI, L. 2004. Diversificando Ingresos, Conservando Hábitats Raros y Secuestrando Carbono en el Bosque Atlántico. Asociación Guyra Paraguay. 25 p.(informe técnico).
- PARAGUAY SILVESTRE. 2007. Reserva de Recursos Manejados San Rafael (en línea). Asunción, PY. Consultado el 30 de marzo de 2009. Disponible en [www.paraguaysilvestre.org.py](http://www.paraguaysilvestre.org.py).
- PRODAN, M; PETERS, R; COX, F; REAL, P.1997. Mensura forestal. San José, CR: GTZ, IICA. 561p.



**ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA Y DEL STOCK DE CARBONO DEL BLOQUE SUR DEL BAAPA, RESERVA PARA PARQUE SAN  
RAFAEL, UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD.**

- QUINTEROS, M. 2000. Determinación de biomasa y almacenamiento de carbono. San Lorenzo, PY. 24p. (informe técnico).
- S.A.R.O (*Sistema Ambiental de la Región Oriental*). Informe Técnico Final – BGR – SEAM . San Lorenzo, Paraguay 2001.
- SCHLEGEL, B; GAYOSO, J; GUERRA, J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, CH: Universidad Austral de Chile. 15p. (informe técnico).
- SOARES, C; OLIVEIRA, M. 2002. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. Revista Árvore (BR). 26 (5):533-539.
- TORTORELLI, L. A. 1967. Formaciones forestales y maderas del Paraguay. Asunción, PY: Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Asunción. Asunción, PY. 63 p.
- VALLEJOS, L. 2007. Incremento volumétrico de especies nativas comerciales en parcelas permanente de medición de un bosque nativo degradado. Tesis (Ing. Forestal). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 138 p.
- WEICHSELBERGER, E. 2003. Evaluación de la influencia de cuatro tratamientos silviculturales en el crecimiento de un bosque nativo degradado. Tesis (Ing. Forestal). San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. 78 p.
- WOLF, M. 2004. Determinación del factor de expansión de biomasa en un Bosque Mesolítico del Chaco Húmedo, Departamento de Alto Paraguay. Tesis (M. Sc.). San Lorenzo, PY: UNA, FCA. 82p.