



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Cambios en la cobertura del suelo y cuantificación del carbono almacenado en los diferentes usos de la tierra como lineamientos en el desarrollo de estrategias de mitigación ante el cambio climático en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Río Plátano, Honduras

Por

Amy Alicia Lazo Ulloa

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
Como requisito para optar por el grado de:

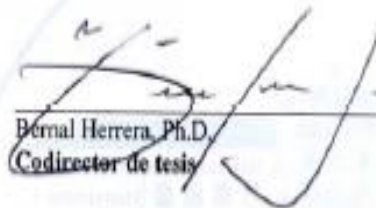
Magister Scientiae en Manejo Y Conservación De Bosques Tropicales Y
Biodiversidad

Turrialba, Costa Rica, 2014

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES
TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

FIRMANTES:



Bernal Herrera, Ph.D.
Codirector de tesis



Miguel Cifuentes J., Ph.D.
Codirector de tesis



Lincolín Cruz, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



I. Miley González, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado



Amy Alicia Lazo Ulloa
Candidata

ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

La investigación plasmada en este documento se encuentra dividida en tres secciones:

- I. Introducción general: contiene información básica de los conceptos y temas desarrollados en el estudio, antecedentes, justificación, importancia y objetivos de la investigación.
- II. Primer artículo científico: Se enfoca en la estimación del contenido de carbono en los diferentes usos de la tierra en el área del Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Rio Plátano.
- III. Segundo artículo científico: Describe el análisis del cambio de uso de la tierra en el el área del Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Rio Platano, asi como la propuesta de lineamientos para elaborar una estrategia de reducción de emisiones de CO₂.
- IV. Anexos: Como información complementaria del estudio que no se presentó en los dos artículos científicos mencionados.

Cada una de las secciones cuenta con la literatura citada para facilitar la consulta y revisión. La numeración de las páginas, las notas de pie de página, las figuras y los cuadros sigue un orden consecutivo desde el inicio hasta el final de todo el documento. Dentro del documento se encuentra una lista de unidades, abreviaturas y siglas. Éstas últimas están detalladas por primera vez en el documento y posteriormente se utilizan las abreviaturas respectivas.

DEDICATORIA

A Dios

Por guiarme en cada paso, por darme su fortaleza y por bendecirme...

A mi Mami

Por su amor incondicional, su constancia, sus grandes sacrificios, por creer en mí

A mi Padre

Por su apoyo sin límite, por ser mi ejemplo a seguir, por ser mi amigo incondicional y mi protector...

A ti Mario

Por aparecer en mi vida en el momento más difícil e iluminarme con tu luz y ser el soporte más fuerte en todo este proceso

A mis hermanas, Yanira y Edelin

Por ser mis grandes amigas, mis consejeras...

A mis Hermanos Nelson, Enrique, Renin

Por su apoyo incondicional en todo este proceso...

A mis sobrinos del alma, Andrea, Danielito y Camila

Por ser parte de mi vida y recordarme con cada sonrisa que la vida es un sueño

A Suyapa Gáleas mi segunda madre

Por ser Mamá y amiga a la vez

"La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante"

Paulo Coelho

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Ph. D Bernal Herrera y Ph. D Miguel Cifuentes, por sus valiosos aportes, su tiempo y confianza.

Al Instituto de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre por el aporte científico a este estudio.

A la mesa de Ambiente y Desarrollo de Sico Paulaya por su apoyo incondicional, por acogernos y facilitarnos el trabajo de campo.

A la fundación Madera Verde por su colaboración en entregar su base de datos para la elaboración de este proyecto.

Al proyecto ECOSISTEMAS por toda la colaboración prestada para realizar este estudio.

A todas las personas que compartieron mis alegrías y tristezas durante mi paso por Costa Rica, buenos amigos que no vamos a olvidar.

A dos personas muy importantes las cuales me reservo el nombre pero son un eje fundamental en este sueño, gracias por permitirme llegar hasta aquí.

A Eliana Isabel por todo tu apoyo, por tu amistad y por animarme cada día con tus deliciosos platillos colombianos.

A Freddy Argotty por su tiempo y paciencia para apoyarme en el análisis del cambio de uso de la tierra.

A mis amigas y amigos de verdad (ustedes saben quiénes son) porque la vida no solo es acumular títulos, sino saber vivirla...

A todas las personas que conocí fuera de casa, porque de cada una guardo los mejores recuerdos y enseñanzas, porque me llenaron, tal vez sin darse cuenta, de motivos diarios para seguir soñando en un país extraño y por brindarme una sonrisa... no los voy a olvidar.

A la cofradía, porque solo nosotras sabemos cuántas lágrimas, sonrisas y nostalgias nos ha costado este sueño que aunque hoy termina, permanecerá en nosotras el resto de la vida...!!

TABLA DE CONTENIDO

ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	II
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE ANEXOS.....	VIII
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	X
RESUMEN	XI
SUMMARY.....	XII
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
3. MARCO CONCEPTUAL	19
3.1 CAMBIO CLIMÁTICO.....	19
3.2 CARBONO EN EL CICLO CLIMÁTICO	19
3.3 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA DEFORESTACIÓN EN BOSQUES TROPICALES....	20
3.4 LA DEFORESTACIÓN Y SUS CAUSAS.....	21
3.5 IMPACTOS GLOBALES Y REGIONALES DE LA DEFORESTACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD.....	22
3.6 CAMBIO DE USO Y COBERTURA DE LA TIERRA	24
3.7 EL CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES TROPICALES.....	24
3.7.1 Aspectos generales	24
3.7.2 Los bosques como fijadores de carbono.....	25
3.7.3 Carbono almacenado	26
3.7.4 Metodologías para la medición del cambio del stock de carbono	27
3.7.5 Mitigación frente al cambio climático	28
3.7.6 Línea base de uso del suelo	28
3.7.7 El mecanismo REDD+	30
3.7.8 Las áreas protegidas en el contexto del cambio climático	31

3.7.9	El caso de las concesiones forestales para reducir la deforestación en la Zona de Uso Múltiple en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala	33
3.7.10	Lecciones aprendidas del estudio de caso de La Reserva de Biosfera Maya que pudieran ser aplicables en la zona de estudio:	35
	BIBLIOGRAFIA	36
4.	ARTICULOS DE INVESTIGACION.....	44
4.1	ARTÍCULO 1. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LOS DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN EL VALLE DE SICO PAULAYA Y LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DE LA RESERVA DE BIOSFERA DEL RIO PLÁTANO	44
4.1.1	RESUMEN	44
4.1.2	ABSTRACT	44
4.1.3	INTRODUCCIÓN	45
4.1.4	MATERIALES Y MÉTODOS	46
4.1.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1.6	CONCLUSIONES	56
	BIBLIOGRAFÍA	57
4.2	ARTÍCULO 2. ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE TIERRA Y DESARROLLO DE LINEAMIENTOS PARA UNA ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ EN EL VALLE DE SICO PAULAYA Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DE LA RESERVA DE BIOSFERA DEL RIO PLÁTANO, HONDURAS.....	60
4.2.1	RESUMEN	60
4.2.2	ABSTRACT	61
4.2.3	INTRODUCCIÓN	61
4.2.4	MATERIALES Y MÉTODOS	62
4.2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.2.6	Lineamientos propuestos.....	74
4.2.7	CONCLUSIONES	76
	BIBLIOGRAFIA	77
	ANEXOS.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Causas principales de la deforestación, identificadas en América Latina	22
Figura 2. Esquema de la dinámica del carbono en los árboles y el suelo	27
Figura 3. Diagrama de una línea base de referencia para proyectos de carbono	29
Figura 4. Ubicación del área de estudio para la estimación del carbono almacenado en el Valle de Sico Paulaya y La Reserva del Río Plátano en el departamento de Colón y Gracias a Dios.....	46
Figura 5. Mapa de uso del suelo en el Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Río Plátano, Honduras	49
Figura 6. Ubicación de parcelas permanentes de muestreo, Municipio de Iriona, Honduras..	50
Figura 7. Tamaño de la parcela muestreada	52
Figura 8. Área de estudio para el desarrollo de lineamientos como estrategia de reducción de emisiones de gases efecto invernadero por deforestación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano, en el departamento de Colón y Gracias a Dios	63
Figura 9. Diagrama de pasos para elaborar el mapa tendencial para el análisis de uso de la tierra del Valle de Sico Paulaya y la Biosfera del Río Plátano	65
Figura 10. Diagrama metodológico del taller “marco conceptual y línea histórica del uso de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano”	67
Figura 11. Áreas críticas que muestran el avance de la deforestación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Objetivos y preguntas de investigación	18
Cuadro 2. Niveles de detalle para calcular emisiones y remociones de GEI.....	27
Cuadro 3. Ecuaciones alométricas utilizadas en el inventario para la estimación del carbono almacenado en El Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Río Plátano.....	52
Cuadro 4. Valores de biomasa y carbono almacenado (tonC/ha) en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y zona de amortiguamiento de la reserva de Biosfera del Río Plátano.....	53
Cuadro 5. Dinámica de cambio de uso de la tierra, en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano.....	68
Cuadro 6. Matriz de probabilidad de cambios entre los usos de la tierra al año 2030, en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva del río Plátano	72

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ejemplo de preguntas generadoras para diferentes actores dentro de la zona de estudio.....	80
Anexo 2. Registro fotográfico de los talleres realizados en el marco de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano.....	82
Anexo 3. Árbol de problemas generado durante la realización de los talleres en el marco de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano	82
Anexo 4. Lista de participantes a los talleres desarrollados dentro de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano	83

Anexo 5. Tabla de emisiones de CO₂ con proyecto y sin proyecto en el Valle de Sico Paulaya y Reserva de Biosfera del Rio Plátano..... 84

LISTA DE ACRÓNIMOS

C	Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
FAO	Food and Agriculture Organization
FN	Flujo Neto
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ha	Hectárea
IPCC	Intergubernamental Panel on Climate Change
ICF	Instituto de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre.
REDD+	Reducción de las Emisiones producto de la Deforestación y la Degradación de bosques.

RESUMEN

El cálculo del carbono almacenado y el conocimiento sobre la dinámica en el cambio de uso de la tierra, constituyen un aporte importante para la conservación de la biodiversidad y una herramienta para valorar la función de captura de CO₂ de los bosques hondureños. En este estudio se cuantificó el carbono aéreo almacenado en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera del Río Plátano y el Valle de Sico Paulaya. Asimismo, se efectuó un análisis del uso de la tierra y su variación en un futuro (10 años) en ambas áreas.

Se determinó el promedio de almacenamiento de carbono (C) en la biomasa aérea en cinco sistemas de uso del suelo: bosque primario, bosque secundario/matorral, agropecuario, sabana con árboles y bosque de pino. El bosque primario es el ecosistema productivo que almacena la mayor cantidad de C, con un promedio de **168.00 tonC/ha**. El bosque secundario almacenó 29.71 tonC/ha. El bosque de pino es un importante ecosistema para almacenar carbono ya que en el estudio se cuantificó la cantidad de 43.49 tonC/ha. El análisis del uso de la tierra y sus variaciones entre los años 2006 y 2011 en el Valle de Sico Paulaya y la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera del Río Plátano, en la costa nor-oriental de Honduras, permitió identificar una tendencia de cambios en el bosque latifoliado hacia el uso agropecuario (77,697.27 ha) y el bosque de pino hacia sabana con pino (75,121.03 ha). Las emisiones asociadas a estos cambios en el área de estudio con una tasa de deforestación anual del 0.96% son de 242,986.65 toneladas de CO₂ para el año 2012. Estos resultados resaltan la importancia de contar con un plan de ordenamiento del territorio que permita regular los procesos de intervención mediante una coordinación interinstitucional que revierta la tendencia de cambios a la que están sometidos los bosques.

Los lineamientos estratégicos propuestos en este estudio vienen a fortalecer las acciones de mitigación que se están desarrollando en el país. Estos giran alrededor de tres ejes principales: Limitar las emisiones por deforestación, reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y la articulación de las políticas públicas del país en relación a la mitigación. Entre las líneas de acción propuestas están fortalecer las iniciativas de restauración de áreas degradada mediante programas de reforestación, promover sistemas de producción agropecuaria que favorezcan la reducción de emisiones y la remoción de carbono, así como presentar iniciativas para fortalecer el marco legal para la ejecución de las estrategias de tala ilegal y cambio climático.

El presente estudio aporta información sobre el potencial de almacenamiento de carbono de los diferentes usos de la tierra en El Valle de Sico Paulaya y La Reserva del Río Plátano así como su capacidad para generar bienes y servicios ecosistémicos, lo que generó una serie de lineamientos estratégicos propuestos para reducir la deforestación. La información brindada podría contribuir al país, en futuras decisiones orientadas a la implementación de estrategias de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por cambio de uso.

Palabras claves: Cambio de uso, carbono, ordenamiento territorial, mitigación.

SUMMARY

The calculation of carbon stocks and knowledge of land use change dynamics constitute important contributions to the conservation of biodiversity and a tool to assess the role of CO₂ sequestration by Honduran forests. In this study the aboveground carbon stored in the buffer zone of the Biosphere Reserve and the Rio Platano Sico Valley Paulaya was quantified. Also, we performed an analysis of land use and its changes into the future (10 years) in both areas.

The average carbon storage (C) in aboveground biomass was determined in four land uses: primary forest, secondary / scrub, agriculture and pine forest. The primary forest stores the most C, with an average of 168.99 tonC/ha. The secondary forest stored 29.71 Mg/ha. The analysis of land use and its changes between 2006 and 2011 in the Valley of Sico Paulaya and the buffer zone of the Biosphere Reserve Rio Platano, on the northeastern coast of Honduras, identified a trend in changes from hardwood forest to agricultural use (77,697.27 ha) and from pine to pine savanna (75,121.03 ha). Emissions associated with these changes, with a deforestation rate of 0.96%, reach 242,986.65 tons of CO₂ for 2012. These results highlight the importance of having a land management plan for regulating the processes of intervention through interagency coordination to reverse the trend of changes which are subject to the forests.

The strategic guidelines proposed in this study strengthen mitigation actions that are being developed in the country. These revolve around three main axes: Limiting emissions from deforestation, reducing the vulnerability of ecosystems and the articulation of public policy of the country in relation to mitigation. Amongst the proposed lines of action mentioned, strengthening the efforts to restore degraded areas through reforestation programs is key. as is promoting farming systems that encourage emission reduction and carbon removal, and initiatives to strengthen the legal framework for implementing strategies in illegal logging and climate change.

This study provides information on the potential of forest carbon storage and evaluates their capacity to generate ecosystem goods and services, generating a series of strategic guidelines to reduce deforestation. The information provided could contribute to the country in future decisions aimed at implementing mitigation strategies to reduce emissions of greenhouse gases by use change.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una preocupación a nivel mundial. La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) producto de cambios de uso del suelo, aclareo del bosque, quema de combustibles fósiles, actividades industriales y de agricultura, la producción y consumo de combustibles fósiles, entre otras actividades humanas, provocan un fortalecimiento del efecto invernadero y un desequilibrio en el balance energético del planeta (Malhi y Phillips 2004). Esto ha producido, entre otros efectos de consideración, que el balance y funcionamiento natural de los ecosistemas se rompa, provocando enormes pérdidas en la biodiversidad.

Los bosques juegan un papel clave en el balance global del carbono, debido a que son importantes depósitos, fuentes y sumideros de este elemento. Ejemplo de esto es la cantidad de carbono almacenado en la biomasa y suelo de los bosques, que quizás es 20 a 100 veces más por unidad de área que en otros usos del suelo (Clark 2005). Se estima que el carbono almacenado en la biomasa de los bosques tropicales es equivalente al 52% de las reservas de carbono a nivel global. La estabilidad de estas reservas está amenazada por procesos de cambio de uso de la tierra. La deforestación en los bosques tropicales contribuye entre un 6 - 17% de las emisiones globales de CO₂ antropogénicas a la atmósfera (Baccini et al. 2012). Durante los últimos 50 años, el CO₂ atmosférico se ha incrementado en un 22% y está generando consecuencias económicas y sociales de largo plazo, produciendo además efectos negativos en la dinámica ambiental de la tierra, por su repercusión en el calentamiento atmosférico global (Lambin et al. 2003)

El CO₂ atmosférico influye en el calentamiento global a través de su rol en el equilibrio térmico necesario para que exista la vida en la tierra. Las concentraciones atmosféricas de CO₂ muestran un incremento de 280 ppm a 380 ppm desde 1800 a 1990. Esto ha provocado el aumento de 0.6 °C en la temperatura media global, el aumento del nivel del mar y súbitas variaciones del clima en general (Zilio 2008). Estos cambios probablemente traerán consecuencias para la producción de cultivos, la seguridad alimentaria, una mayor ocurrencia e intensidad de fenómenos climáticos cíclicos (huracanes, La Niña y El Niño) y de otro orden como problemas sociales y económicos (Acevedo 2009). Los efectos integrados de todos estos cambios son aún impredecibles (Alfaro y Rivera 2008).

Las respuestas al cambio climático se han enfocado desde el punto de vista de la adaptación y de la mitigación. Las medidas de mitigación son aquellas que contribuyen a reducir la acumulación atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) y por lo tanto, a retardar el impacto esperado de los GEI en el clima mundial. Estas medidas apuntan a reducir las emisiones de GEI o a aumentar la fijación de carbono en depósitos terrestres (Quintero-Angel y Carvajal-Escobar 2010). Las medidas de adaptación son aquellas que sirven para atenuar los impactos del cambio climático, reducir la vulnerabilidad general o prepararse para enfrentar riesgos específicos. La adaptación es un proceso en el que se genera un cambio continuo que permite a las personas tomar decisiones informadas sobre sus vidas y sus medios de vida en un clima cambiante. Estas incluyen cambios en tecnologías, prácticas y políticas (Calvo 2010).

Las opciones de respuesta al cambio climático a nivel nacional o territorial son variadas, y pueden verse limitadas o fortalecidas en función de los procesos sociales llevados a cabo dentro de los territorios (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla 2007). Dentro de estas opciones pueden citarse por ejemplo, la implementación de técnicas de manejo de cultivos, manejo forestal sostenible, aplicación de tecnologías en sistemas alternativos que incluye la diversificación de la producción agropecuaria, instalación de sistemas agroforestales, forestación, eficiencia energética, conservación entre otras (Zapata et al. 2004).

Los bosques son sumidero y fuente de CO₂ atmosférico a la vez ya que absorben carbono por fotosíntesis, pero emiten CO₂ por descomposición y por la quema de árboles debida a causas antropogénicas y naturales. Los bosques conservan y aumentan su carbono almacenado ayudando así a reducir la tasa de aumento de CO₂ en la atmósfera y estabilizar las concentraciones atmosféricas (Bennaceur et al. 2005). Aunque algunas tierras degradadas no sean apropiadas para la silvicultura, existe un considerable potencial de mitigación mejorando la gestión de tierras forestales mediante la conservación al máximo posible de los recursos existentes en los bosques mediante opciones tales como el control de la deforestación y los incendios (Brown 1997).

Aproximadamente el 88% del territorio de Honduras es de vocación forestal, por lo tanto tiene la posibilidad de alcanzar mayores y mejores niveles de desarrollo mediante el uso sostenible de sus recursos naturales (Ahamdanech Zarco et al. 2002). Los bosques son considerados los principales proveedores de servicios ecosistémicos para sectores vulnerables al cambio climático como el sector agua, agricultura y otros (Cabal 2010). Sin embargo, la poca integración que existe entre las políticas del Estado y el marginamiento del sector forestal están dando lugar a una fuerte presión sobre los bosques.

La ausencia de estrategias y un ordenamiento del uso del territorio ha incidido para que las políticas nacionales giren en torno a los intereses económicos del momento (Sbert 2004). Como lo menciona la estrategia nacional de cambio climático, para el año 2000 en Honduras, el cambio de uso de la tierra, aportó el 25% de las emisiones de CO₂. Junto con la reducción del área de los bosques, existen otros problemas asociados a la reducción del recurso como los incendios forestales, la falta de aplicación de las políticas públicas, la tala ilegal, el aumento en la demanda de los productos agrícolas, entre otras (Brustlein et al. 2000).

El Valle de Sico Paulaya, denominado de aquí en adelante como "el Valle", tiene una extensión territorial de 70,359 has. El 69% del territorio se dedica a actividades de ganadería y cultivos de subsistencia. El resto del área se encuentra cubierta de bosque latifoliado, cuerpos de agua y suelos desnudos. Se encuentra rodeado de dos áreas protegidas: La Sierra de Río Tinto, que se encuentra en proceso de aprobación, y la Reserva de Biosfera Río Plátano, denominada de aquí en adelante como "la Reserva" (AFE-COHDEFOR 2002).

La Reserva se caracteriza por la belleza del paisaje y la diversidad de especies endémicas de fauna y flora que alberga. Es además un sitio observado a nivel internacional por su capacidad de almacenar importantes cantidades de carbono (ICF 2011a). Pese a ser un área

crítica para la sociedad hondureña, actualmente amplias áreas del Valle y de la zona de amortiguamiento de la Reserva han sufrido drásticas alteraciones antrópicas al cambiar su uso para propósitos de ganadería extensiva o cultivos además de la tala ilegal de valiosas especies aprovechables como la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*) (Murphy et al. 2000).

En el 2000 se realizó un diagnóstico ambiental en la zona de La Reserva, identificando amenazas al sitio (Afe-Cohdefor 2002) . El estudio mostró que la fuente de amenaza con más impacto entre los ecosistemas de la Reserva es el cambio de uso para actividades agrícolas y ganaderas, que genera un peligro crítico para los servicios ecosistémicos presentes (Larios 2008). El diagnóstico ambiental especifica que las presiones más críticas a los objetos de conservación de La Reserva son el avance del frente de colonización, prácticas agrícolas, ganaderas y forestales inadecuadas, tráfico ilegal de madera y fauna, especies invasoras o exóticas, incendios naturales y provocados, sobre- pesca de algunas especies, falta de aplicación de las leyes, saqueo y comercialización de piezas arqueológicas; entre otras. Estas amenazas provocaron que el área se incluyera en la lista de patrimonio de la humanidad en peligro por segunda vez en el año 2007 (Engels y Winkler 2008).

Datos más actuales se muestran en los resultados del análisis multitemporal realizado para el Instituto de Conservación Forestal (Rivera y González 2011), con imágenes satelitales de marzo de 2006 y 2011, identificando que las áreas de bosque en el área de la reserva se redujeron considerablemente en un período de 5 años. Los cálculos muestran que se perdieron 39,763.17 ha de cobertura de bosque en el periodo analizado. Esto equivale a una tasa anual de deforestación de 7,952.63 ha/año ó -0.96%. Las tasas de deforestación por zona fueron: en la zona núcleo 29.23 ha/año (0.01%), zona de amortiguamiento 2,761.16 ha/año (1.40%), y zona cultural 5,162.24 ha/año (1.22%) (PROTEP 2010). Estos cambios resultan con frecuencia en impactos notables sobre la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y los flujos netos de GEI entre el suelo y la atmósfera (SERNA 2010)

El objetivo de cualquier estrategia forestal y climática en Honduras debería estar orientada hacia una buena gobernanza y políticas claras para la protección y el uso sostenible de los bosques (Angelsen et al. 2010). En conjunto con el tratamiento de las causas de la deforestación y la capacitación de las comunidades dependientes de los bosques, el manejo forestal sostenible podría tener un papel fundamental en la contribución al sustento de las poblaciones locales y la lucha contra la pobreza, y a la vez mantendría el valor ecológico de los bosques (Urrea 2013)

Honduras como país firmante de la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el cambio climático, ha promulgado leyes nacionales para el cumplimiento de compromisos encaminados a reducir el impacto negativo del cambio climático y mitigar sus efectos adversos (Locatelli *et al.* 2007). Esto incluye iniciativas para reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, además de las medidas destinadas a la conservación y al incremento de las reservas de carbono y a la ordenación sostenible de los bosques (Miles y Dickson 2010).

En este contexto, esta investigación se orientó a realizar un análisis del cambio de uso del suelo, determinar cómo estos cambios afectan las existencias de carbono en el Valle y la Reserva y diseñar lineamientos para una estrategia de reducción de emisiones provenientes de estos cambios. El estudio abarca dos ejes que tienen un carácter multitemporal y prospectivo, con lo que se obtuvo una cronosecuencia del uso del suelo, posibles causas y consecuencias. Además se proyectan estas tendencias hacia el futuro, para brindar herramientas y lineamientos para la toma de decisiones en cuanto al manejo de los recursos naturales del Valle y La Reserva.

Contar con lineamientos claros apoyaran las acciones para la reducción de las emisiones contribuirá a la restauración y conservación de los ecosistemas y especies protegidas de La Reserva. Al mismo tiempo se generarán alternativas económicas ambientales y socialmente sostenibles, sin ocasionar impactos adversos o negativos en la conservación de los hábitats naturales y de los bienes culturales existentes dentro de la Reserva. El sitio de estudio constituye una alternativa eficaz ante los retos que nos impone el cambio climático ya que ofrece una oportunidad interesante para modelar y aplicar estrategias de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

Este trabajo sirve como complemento a los esfuerzos nacionales que se están realizando, como el combate a la tala ilegal, priorización de áreas conservación y la ejecución de la estrategia nacional de cambio climático. De esta forma se aumentara la información base para enfrentar los retos que implica la reducción de los gases de efecto invernadero y el cumplimiento de los acuerdos internacionales como la declaración de Dresde sobre reservas de biosfera y cambio climático, convenio de la diversidad biológica, sitios RAMSAR, entre otros.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto del cambio de uso de la tierra sobre el almacenamiento de carbono como punto de partida para el desarrollo de estrategias de mitigación en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera del Río Plátano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE 1 Cuantificar existencias de carbono en el valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano.

OE 2 Evaluar el efecto de diversos escenarios de cambio de uso del suelo sobre las existencias futuras de carbono en el valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano.

OE 3 Diseñar lineamientos para una estrategia de reducción de las emisiones de carbono provenientes de los cambios de uso de la tierra en el valle de Sico Paulaya y la reserva de Biosfera del Río Plátano.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Para responder a cada uno de los objetivos propuestos, se formularon las siguientes preguntas:

Cuadro 1. Objetivos y preguntas de investigación

Objetivos específicos	Preguntas de investigación
Cuantificar existencias de carbono en el valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano.	¿Cuánto carbono se encuentra almacenado en los diferentes usos de la tierra en el valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la reserva de Biosfera?
Evaluar el efecto de diversos escenarios de cambio de uso del suelo sobre las existencias futuras de carbono en el valle de Sico-Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano.	¿Cuál es la tendencia histórica de cambio de uso y cuál es su implicancia para las reservas de carbono?
	¿Cuáles son los escenarios futuros de usos del suelo y cómo influyen sobre las existencias de carbono del lugar?
Diseñar lineamientos para una estrategia de reducción de las emisiones de carbono provenientes de los cambios de uso de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y la reserva de Biosfera del Río Plátano.	¿Cuáles son las respuestas políticas y sociales ante el cambio de uso del uso en el municipio de Iriona?
	¿Qué proponen los actores claves en relación a los resultados del análisis?
	¿Cuáles es el efecto de los lineamientos sobre la dinámica de cambio de uso y el almacenamiento de carbono?

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es un proceso que incluye una variación en el estado del clima, que se expresa en las fluctuaciones del valor medio o en la variabilidad de los factores que la determinan, las cuales persisten durante largos periodos (Vide 2008). Este proceso puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos o a cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o al uso de la tierra. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su artículo uno, define el cambio climático como "el cambio de clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables " (IPCC 2006).

El cuarto informe el IPCC (IPCC 2000) indica que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que en su mayor parte se debe muy probablemente al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado por actividades humanas. Estudios realizados indican que en las últimas décadas la concentración de GEI en la atmósfera ha aumentado considerablemente, causando un reforzamiento del efecto invernadero, lo cual incrementó la temperatura media terrestre en 0.6 °C (Zubizarreta 2007). El aumento de la concentración de GEI causadas por actividades humanas, puede alterar los ciclos hídricos, causar sequías, inundaciones, aumento en el nivel del mar y otros efectos que comprometerían la existencia de vida en el planeta (Rubin y De Coninck 2005).

3.2 CARBONO EN EL CICLO CLIMÁTICO

El ciclo global del carbono (C) es reconocido como uno de los principales ciclos biogeoquímicos debido a su papel en la regulación de la concentración en la atmósfera de CO₂, importante GEI (Malhi y Phillips 2004). Las concentraciones crecientes de CO₂ en la atmósfera son una contribución importante al cambio climático (Metz et al. 2005).

El CO₂ es removido de la atmósfera mediante la fotosíntesis en las plantas, y está en equilibrio con la respiración de las mismas y del suelo. Los cambios naturales en la concentración de CO₂ dependen de procesos como la fotosíntesis, la respiración, y flujos entre el aire y el mar (IPCC 2000). Alteraciones en los flujos de carbono orgánico de suelo, la biosfera y atmósfera pueden orientar el comportamiento de estos reservorios como fuentes o sumideros de CO₂ (García Puentes 2001). El incremento de emisiones de CO₂ antropogénicas ha incidido directamente sobre el ciclo de carbono. Se estima que la quema de combustibles fósiles y las emisiones del sector industrial aumentaron las concentraciones de CO₂ un 80% entre 1970 y 2005. Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial y este aumento se ha acentuado pasando de 28,7 GtCO₂ a 49,0 GtCO₂-e en el año 2005 (Stocker *et al.* 2013).

El 95% de las emisiones de CO₂ provienen de países industrializados, en donde las emisiones anuales están por arriba de las 5 toneladas de carbono per cápita (Rotty y Marland 2006). En contraste, la tasa de emisión de CO₂ en la mayoría de los países en vías de desarrollo se ubica entre 0.2 y 0.6 toneladas de carbono per cápita anualmente. La tasa relativa en los países en desarrollo se incrementa en aproximadamente 6% por año y se predice que en el futuro, tanto por su crecimiento económico como poblacional, estos países se convertirán en importantes emisores de CO₂ (Metz et al. 2005) .

3.3 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA DEFORESTACIÓN EN BOSQUES TROPICALES

Las actividades humanas que liberan GEI a partir de la vegetación y del suelo a la atmósfera son la deforestación, la quema de la biomasa y la agricultura, la cual incluye la aplicación de fertilizantes, y las emisiones originadas por el ganado (FAO 2007b).

La deforestación es una pérdida permanente de cobertura forestal para otros usos de la tierra, tales como la agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, e infraestructura, entre otros (Moutinho et al. 2005). La deforestación tropical actualmente es uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo, ya que tiene serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo, debido a que está teniendo un efecto negativo en la dinámica ambiental de la tierra, por su repercusión en el calentamiento atmosférico global (Lambin et al. 2003)

La deforestación ha ocasionado que los bosques tropicales se hayan reducido alrededor del 60% a nivel mundial (Engels y Winkler 2008). Aunque se realizan esfuerzos para minimizar la presión sobre los bosques tropicales, estos no han sido suficientes y no han logrado disminuir los procesos que agudizan la crisis ambiental que persiste en los trópicos (Angelsen et al. 2010). Por el contrario, en muchos países de Latinoamérica y poseedores de áreas importantes de bosques tropicales, la deforestación se está acentuando, debido a que se implementan políticas no adecuadas para el buen manejo de los recursos forestales (Cabal 2010).

Los bosques tropicales han sido el foco de atención en los últimos años en función del papel que tienen en el ciclo global del carbono, debido a que están considerados como los principales centros naturales de almacenamiento de carbono. Se estima que en estos ecosistemas se encuentran más de 400 mil millones de toneladas de carbono en forma de biomasa. Además, se considera que en los suelos forestales puede existir el doble de lo que hay en cobertura arbórea (Brown 2002).

La deforestación y la quema de los bosques, conllevan a la liberación del carbono almacenado, en forma de gas a la atmósfera. Se estima que los bosques tropicales pueden llegar a liberar entre 90 y 160 toneladas de CO₂/ha al ser deforestados (FAO 2007b). Los procesos de cambio de uso de la tierra liberan grandes cantidades de gases contaminantes que alteran la composición atmosférica y, por consiguiente, su capacidad de regular la

temperatura global (Briceño Valera 2003). Durante el último siglo, como consecuencia del cambio de uso de la tierra en los ecosistemas forestales, se han emitido unas 498.6 Gt CO₂e (Zilio 2008). Esto ha dado lugar a un aumento del contenido de dióxido de carbono en la atmósfera de 645.3 GtCO₂ e (Solomon 2007).

La deforestación de los bosques tropicales tiene efectos drásticos tanto al nivel global como en lo local. La acelerada pérdida de la cubierta forestal en los trópicos está disminuyendo el material genético de los ecosistemas y reduciendo el potencial de los servicios ambientales que proveen para el bienestar humano (IPCC 2006). Estos efectos son difíciles de solucionar en la práctica, porque se necesitan periodos de tiempo largos para una mínima recuperación de estos ecosistemas (Gibbs et al. 2007).

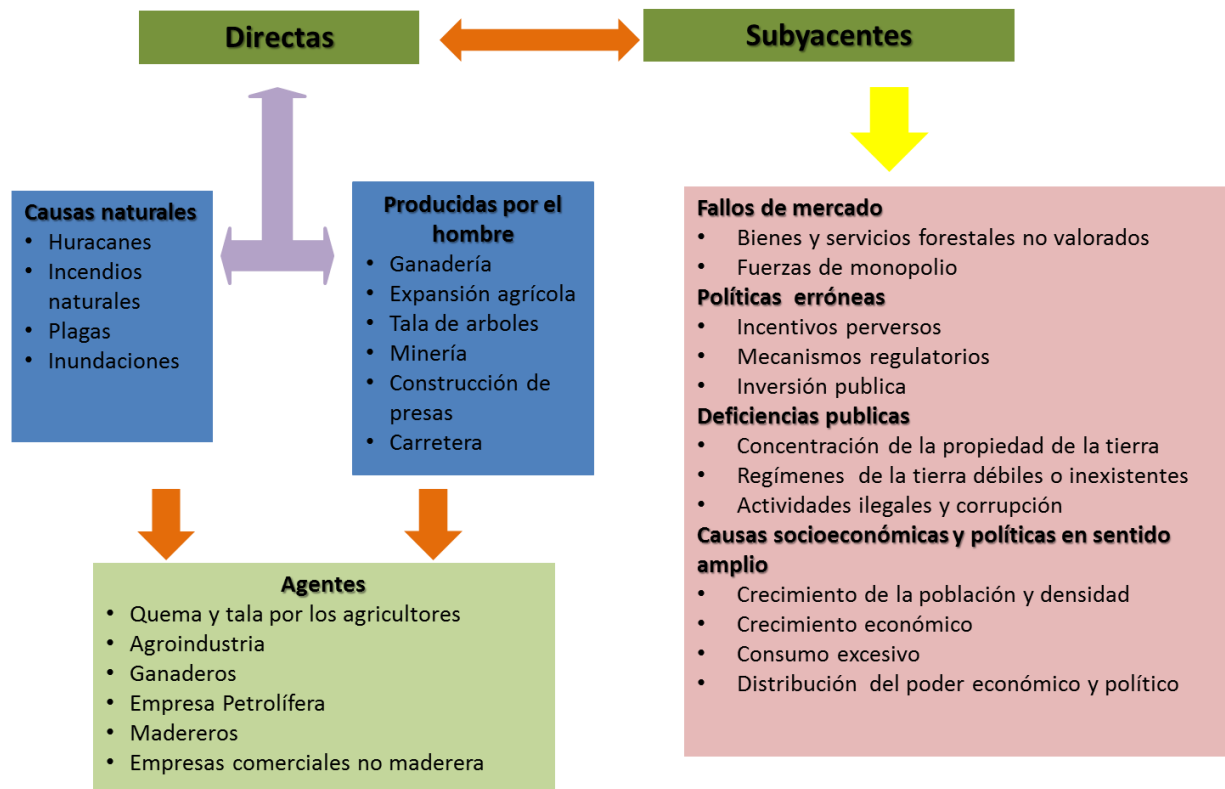
3.4 LA DEFORESTACIÓN Y SUS CAUSAS

Las causas de la deforestación son múltiples, complejas y en cada país se encuentran de manera diferente. Para algunas poblaciones el bosque es fuente de alimentación y sustento, aumentando así la presión sobre ellos. La pobreza y la presión poblacional conllevan inexorablemente a la pérdida de cobertura forestal, perpetuando el círculo vicioso de la extrema pobreza. Los bosques son talados por las personas de las comunidades para ganarse el sustento diario, o para dar paso a la agricultura de gran escala promovida por el aumento de la demanda de los consumidores (Reyes y Francois 2008).

Los científicos reconocen dos grandes grupos de factores considerados como los agentes causales, ligados directa e indirectamente con la deforestación en los trópicos: las fuerzas proximales y las fuerzas impulsoras subyacentes (Lambin et al. 2001). En el primer grupo se ubican todas las actividades humanas y las acciones inmediatas que se expresan a nivel local, como la expansión agrícola, que se origina de un uso del suelo predeterminado y tienen un impacto directo sobre la cobertura forestal (Geist y Lambin 2002). Las fuerzas impulsoras subyacentes, son procesos sociales fundamentales, como la dinámica de población o las políticas agrícolas que dan origen a las causas proximales (Lambin y Geist 2003) (Figura 1).

Investigaciones recientes sobre los factores causales de la deforestación tropical, realizados a partir de diversos estudios en distintos países, revelan que tanto para las causas proximales como para las fuerzas impulsoras subyacentes de la deforestación, no existe una relación universal entre causa y efecto (Geist y Lambin 2002b) porque las causas proximales y subyacentes varían de acuerdo al contexto geográfico e histórico de cada región (Angelsen y Kaimowitz 1999). Las causas subyacentes consideran que las decisiones públicas e individuales responden principalmente a las oportunidades cambiantes a escala nacional o global y a las políticas implementadas por instituciones gubernamentales, mientras que en las causas proximales predominan diversas formas de expansión agropecuaria, explotación de madera y la construcción de infraestructura, ente otros (Geist y Lambin 2002a).

Causas de la deforestación



Fuente: Contreras-Hermosilla 2000

Figura 1. Causas principales de la deforestación, identificadas en América Latina

Según FAO (2007a), el ritmo promedio de la pérdida de masa boscosa de la región Centroamericana fue del 1,19% anual entre 2000 y 2010, cuando en el mundo ese índice fue del apenas 0.13 %. La región pasó de tener 21.9 millones de hectáreas de bosques en 2000 a 19.4 millones de hectáreas en 2010.

3.5 IMPACTOS GLOBALES Y REGIONALES DE LA DEFORESTACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Cambio Climático. "La diversidad local y mundial del planeta ha sido afectada por cambios ambientales globales trayendo importantes consecuencias sobre los sistemas ecológicos. El cambio de uso del suelo es uno de los principales impulsores del cambio de la diversidad biológica y se proyecta para el año 2100 como el de mayor impacto global, seguido del cambio climático. La distribución de los ecosistemas está en gran medida determinada por el clima. Los ecosistemas actuales y futuros son reflejo de una compleja interacción entre las variables biofísicas, tales como suelo, clima y uso de la tierra. El efecto del cambio climático, aunado a los efectos de la pérdida de hábitat y fragmentación de paisajes, posibilitarán que se modifique la composición de la mayoría de los ecosistemas, desplazándose los hábitats de muchas especies. De esta forma se aumentara el régimen de pérdida de algunas especies, creando oportunidades para el establecimiento de otras" (Quintero-Angel y Carvajal-Escobar 2010).

Los cambios en la estructura y composición de las comunidades y en la distribución de ecosistemas pueden producir reacciones que afectan al clima mundial y regional. Estos cambios en la intensidad y los patrones espaciales de uso de la tierra y el clima pueden llevar a la pérdida de importantes servicios de los ecosistemas y de la provisión de las demandas futuras de nuestra sociedad (De Chazal y Rounsevell 2009).

La tasa de deforestación provocada por el cambio de uso de la tierra alcanza los 13 millones de hectáreas al año, especialmente por conversión de bosques a tierras agrícolas (FAO 2005). La preocupación que genera esta pérdida se basa en que los ecosistemas de selvas tropicales lluviosos albergan más de la mitad de la riqueza mundial de especies de la tierra, en una extensión que abarca entre el 6 y 7% de la tierra firme (IPCC 2000)

El cuarto informe de evaluación del Grupo intergubernamental (2006) sobre el cambio climático indica que aproximadamente el 10% de las especies sometidas hasta ahora a evaluación tienen cada vez un riesgo mayor de extinción por cada aumento de 1°C de la temperatura media de la superficie de la tierra, dentro de la gama de escenarios del futuro que han servido de modelo para las evaluaciones de impactos.

Estos cambios traerán impactos perjudiciales y con frecuencia irreversibles en muchos ecosistemas y en sus servicios, con consecuencias negativas significativas de carácter social, cultural y económico (Engels y Winkler 2008). Según Sala (2000) los cambios en las temperaturas forzarán a las especies a adaptarse mediante cambios en los patrones de distribución y características fenológicas, teniendo como principales opciones quedarse en el sitio y adaptarse a los cambios, moverse hacia otras zonas con condiciones aptas para su desarrollo o, en los casos más drásticos, significa la extinción de la especie (Parmesan et al. 2000)

El cambio climático repercute de formas muy diferentes en la biodiversidad según la región del mundo (Asegurar et al. 2007). Por ejemplo, las tasas más altas de calentamiento se han registrado en latitudes elevadas, cerca de la península Antártica y en el Ártico, y se prevé que la tendencia continúe. Se ha observado a nivel global una variación de la periodicidad de la floración y los patrones de migración, como también de la distribución de las especies. Los científicos han demostrado en Europa que el comienzo del período vegetativo se ha adelantado unos diez días en promedio en los últimos 40 años (Thuiller et al. 2005).

Los estudios prevén que muchas especies no puedan soportar el ritmo del cambio climático proyectado y correrán mayor riesgo de extinción, tanto a nivel local como mundial (Locatelli y Kanninen 2010). De esta manera el cambio climático pondrá a prueba la capacidad de recuperación de los ecosistemas, y su capacidad de adaptación se verá gravemente afectada por la intensidad de otras presiones antrópicas que sigan sucediendo. Los ecosistemas que se encuentran ya en los extremos de las tolerancias de temperatura y precipitación o cercanos a ellos corren un riesgo especialmente elevado (Thompson 2012).

3.6 CAMBIO DE USO Y COBERTURA DE LA TIERRA

El cambio del uso y cobertura del suelo (LULUCF, por sus siglas en inglés), es el término utilizado para indicar las modificaciones que se realizan sobre la superficie terrestre causadas por la actividad humana y/o las perturbaciones a través del tiempo. Ha sido reconocido como un elemento clave del cambio ambiental global (Soares-Filho et al. 2004).

El LULUCF está afectando el funcionamiento de los ecosistemas y es uno de los principales impulsores de la pérdida de la diversidad biológica, fragmentación de hábitats y vulnerabilidad de los ecosistemas (Lambin *et al.* 2003), contribuyendo con 6-17 % en las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial incidiendo en los cambios del clima regional y mundial (Malhi y Phillips 2004).

Las proyecciones para el año 2050, predicen que el LULUCF será el factor de mayor incidencia en la pérdida de la biodiversidad (Sala et al 2000). Por esto, se ha convertido en una de las principales prioridades de los responsables de políticas ambientales frente a la conservación de la biodiversidad, la ordenación del territorio, la gestión de áreas protegidas y el análisis del cambio climático (IPCC 2000).

Los factores que mayor inciden en los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo se asocian con la deforestación (Lambin et al. 2006). La conversión de bosques a otras cubiertas son procesos complejos que se producen con relativa rapidez ya que los bosques tropicales, a pesar de cubrir menos del 10% de la superficie terrestre, representan la mayor diversidad biológica del planeta y son importantes para el ciclo global del carbono y la regulación hídrica (Mayaux *et al.* 2005), contribuyendo el cambio del uso del suelo y la deforestación tropical con un alto porcentaje de las emisiones de CO₂ a nivel mundial (Chowdhury 2006).

En la actualidad y debido a la importancia del proceso LULUCF se han desarrollado metodologías para la detección de los cambios, que van desde la aplicación de teledetección, análisis geoespacial y sistemas de información geográfica, hasta el desarrollo de modelos que permiten visualizar y comprender de manera más integral el comportamiento del cambio y establecer escenarios confiables que responda preguntas complejas sobre el tema a diferentes escalas de trabajo (Lu et al. 2005).

3.7 EL CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES TROPICALES

3.7.1 Aspectos generales

Arévalo y colaboradores (2003) afirman que el "secuestro de carbono es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra de forma natural (bosque) o como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación; estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Las cantidades fijadas de carbono se expresan en tonC/ha/año".

La dinámica de intercambio entre el CO₂, la vegetación terrestre y la atmósfera, produce cambios en los balances netos entre el secuestro (también conocido como almacenamiento o fijación) y emisiones a lo largo de periodos de tiempo (Gibbs et al. 2007). El equilibrio entre la fotosíntesis, la respiración y la descomposición en el transcurso de un año, genera un aumento neto del carbono almacenado. Sin embargo, estas ganancias acumuladas en algunos casos se pierden en los años de inundaciones o cuando el fuego consume la materia orgánica (Malhi y Phillips 2004).

El carbono también puede trasladarse fuera del lugar, cuando los productos orgánicos (como la madera, la resina, las semillas, los tubérculos) dejan el área de producción y pasan a formar parte de los flujos comerciales. Solamente pequeñas cantidades de reservas de carbono pueden filtrarse fuera del suelo e ingresar en sumideros de largo plazo en ambientes de agua dulce u océanos o, en casos muy particulares, contribuyendo a la formación de turberas (FAO 2007).

3.7.2 Los bosques como fijadores de carbono

Los bosques naturales cubren alrededor de 3,400 millones de ha, de las cuales el 52% se encuentran en latitudes bajas, un 30% son bosques boreales y el resto, un 18%, corresponde a la zona templada (IPCC 2007b). Los árboles son sumideros de CO₂ y los ecosistemas forestales juegan un importante papel también por su influencia en el clima. Se ha estimado que la deforestación completa de la selva amazónica aumentaría en 2 °C la temperatura en superficie y reduciría las precipitaciones en un 20 % (Geist y Lambin 2002b).

En comparación con la vegetación de otros ecosistemas terrestres, la vegetación forestal contiene una gran densidad de carbono (Reyes y Francois 2008). Los bosques en conjunto contienen más de la mitad del carbono presente en la vegetación terrestre y en el suelo, estimándose su cuantía en 1200 Gt. Los bosques boreales son el ecosistema que acumula una mayor cantidad de carbono (el 26% del total del carbono terrestre), los bosques tropicales y templados contienen el 20% y el 7 %, respectivamente (Brown 1997).

El carbono almacenado en el suelo y en los residuos vegetales de los ecosistemas forestales constituye una parte importante de las reservas totales de carbono. A escala mundial, el carbono del suelo representa más de la mitad del carbono almacenado en los bosques (García Puentes 2001).

Sin embargo, existen variaciones importantes entre distintos ecosistemas y tipos de bosque. Entre el 80 y el 90 % del carbono existente en los ecosistemas boreales está almacenado en forma de materia orgánica del suelo; en los bosques tropicales se encuentra distribuido en partes iguales entre la vegetación y el suelo (Brown 1997). La causa principal de esta diferencia es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica. En áreas más frías, la materia orgánica del suelo se acumula porque se produce con mayor rapidez de la que se puede descomponer. En cambio,

en las latitudes bajas, las temperaturas más cálidas provocan la rápida descomposición de la materia orgánica del suelo y el reciclado subsiguiente de los nutrientes (Brown 1997).

En los trópicos, el C que está en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 tonC/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 tonC/ha en bosques secundarios. En bosques tropicales, los sumideros de C en el suelo varían entre 60 y 115 tonC/ha (Brown 1997). En otros sistemas de uso del suelo como los agrícolas o ganaderos, los sumideros de C en el suelo son considerablemente pequeños. El contenido de C superficial de estos sistemas varía entre 10 y 70 ton/ha, y el flujo anual de C al sistema está entre 1-10 ton/ha/año. Cuando se considera el C almacenado en el suelo de estos sistemas, las cifras anteriores pueden duplicarse (Ibrahim et al. 2013). Pérez (2007) menciona que los distintos tipos de vegetación natural y plantaciones forestales pueden capturar entre 4,79 y 1,65 ton/ha/año. Algunos estudios muestran que los bosques pluviales son importantes depósitos de carbono, acumulando alrededor de 300 a 400 ton/ha (Orrego y Del Valle 2001).

3.7.3 Carbono almacenado

Según el IPCC (2007), las reservas terrestres de carbono almacenado en los ecosistemas se encuentran distribuidas en los siguientes reservorios: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono del suelo.

Cuando los árboles crecen renuevan sus partes permanentemente a través de la caída de hojas, ramas, flores, frutos, corteza, etc. La descomposición de estos componentes libera carbono; una parte es incorporada a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, y el resto queda fijado en el suelo. Simultáneamente a este proceso, el árbol sigue creciendo. El balance entre el carbono acumulado en el árbol, como resultado de su crecimiento, y el liberado por el desprendimiento y descomposición de las ramas, frutos corteza, determina la fijación neta de carbono por el árbol (Figura 2). Esta modalidad está adquiriendo cada vez mayor importancia, principalmente porque aproximadamente el 47% de la materia orgánica seca es carbono fijado por el ecosistema forestal (Castaño 2013).

Existen dos procesos fundamentales de intercambio de la vegetación y suelos con la atmósfera: La fotosíntesis, mediante la cual el CO₂ atmosférico es convertido en carbohidratos y "capturado" en los ecosistemas forestales y la respiración (incluyendo los procesos de descomposición) y quema de los bosques, mediante los cuales se libera CO₂ a la atmósfera. Dependiendo de qué proceso predomine, los bosques serán "sumideros" netos o "fuentes" netas de CO₂ (Jaramillo 2002). Este papel dual de los bosques y, en general, de la vegetación y suelos terrestres, es fundamental para entender su potencial contribución al cambio climático y ha sido fuente de un gran debate en torno a la incorporación de este sector a las estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (Masera 2002)

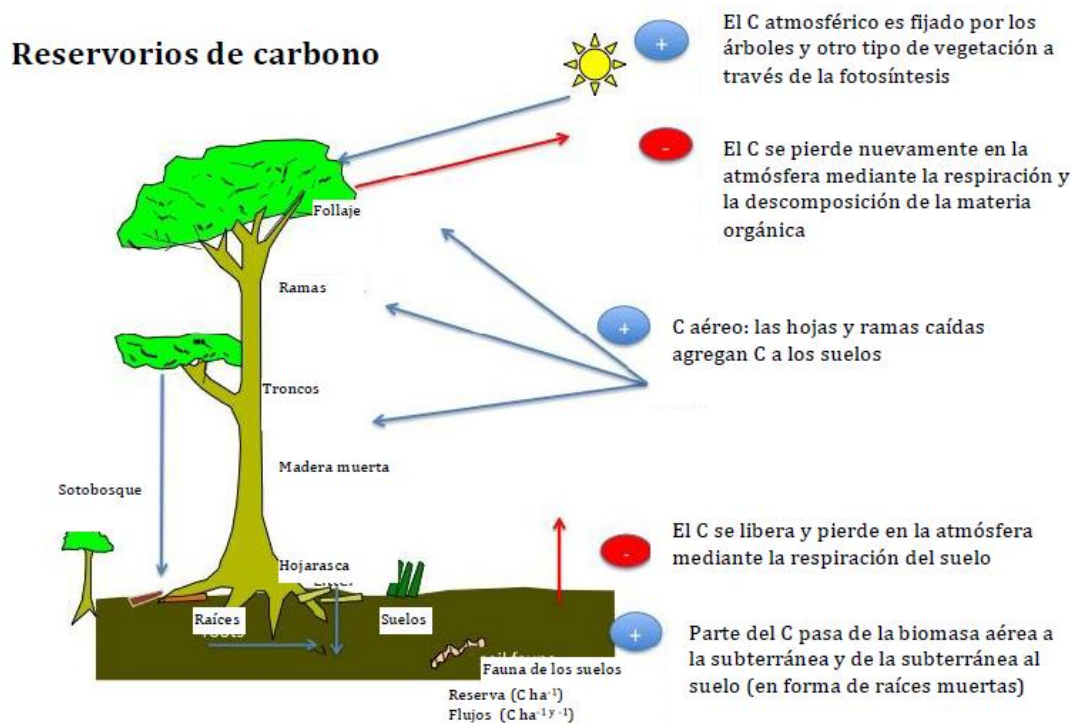


Figura 2. Esquema de la dinámica del carbono en los árboles y el suelo

Fuente: Adaptado de Locatelli (2007) y EPA (2009), por Honorio y Velarde (2009)

3.7.4 Metodologías para la medición del cambio del stock de carbono

Un elemento esencial para el cálculo de balances de emisiones GEI es la medición de las existencias de carbono a nivel de ecosistema. El IPCC define tres niveles de detalle que se pueden obtener para calcular emisiones y remociones de GEI. Cada nivel requiere información más detallada y compleja analíticamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de detalle para calcular emisiones y remociones de GEI

Niveles (Cambio en la reserva de C)	Enfoques (cambio en área)
1- Valores de oficio del IPCC (Biomasa por bioma)	Datos de uso de la tierra básicos, estadísticas globales.
2- Datos específicos de país generados con información de campo, inventarios, parcelas permanentes.	Estudios de campo de uso del suelo y vegetación.
3- Inventarios nacionales de reservas de carbono y mediciones secuenciales de cambio en estas reservas.	Datos generados con sensores remotos y con inventarios nacionales; uso de modelos dinámicos.

Fuente: Adaptado de Ben de Jong et al. 2010.

Existen técnicas modernas para cuantificar de forma exacta y precisa de sumideros individuales de carbono en proyectos forestales. Estos métodos se fundamentan en principios estadísticos de muestreo, inventarios forestales y de suelos. La metodología utilizada para estimar las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero para un año determinado depende del uso de la tierra en el año actual y en los anteriores, dado que puede haber cambios en las categorías o los usos de la tierra con el transcurso del tiempo. La metodología utilizada para calcular las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero correspondientes a una unidad de tierra o a la tierra en un año determinado

deben corresponder al uso real de la tierra en esa sitio y en ese año, complementada con metodologías adicionales para contabilizar los usos anteriores en esa tierra y los cambios de uso de la tierra (Schlegel et al. 2001).

3.7.5 Mitigación frente al cambio climático

“La mitigación al cambio climático es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros. Según el IPCC (2007) existen múltiples opciones para reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). Uno de los sectores que más contribuye a mitigar esos efectos adversos es el de las actividades forestales mediante la forestación, reforestación, gestión de bosques, reducción de la deforestación, gestión de productos de madera. Detener la deforestación tiene un gran potencial para reducir y secuestrar emisiones de CO₂ (Kanninen 2000).

Algunas de las estrategias de mitigación consisten en promover incentivos financieros (nacionales e internacionales) para aumentar las áreas forestales y reducir la deforestación, realizar un manejo sostenible de los bosques, mejorar las tecnologías de sensores remotos para el análisis de la vegetación y su potencial de secuestro de carbono y mapeo del cambio de uso de la tierra. Las prácticas agrícolas de conservación podrían contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Iglesias y Martín 2009). El IPCC divide las oportunidades para mitigar los GEI que provienen de la agricultura en tres categorías: Reducción de emisiones realizando una gestión eficaz de los flujos de carbono y nitrógeno en los ecosistemas agrícolas, aumento de la absorción retirando carbono del suelo o de la materia vegetal y la sustitución de combustibles fósiles (García et al. 2008).

Otra medida de mitigación para el combate al cambio climático es el establecimiento de sistemas agroforestales. Esta medida promueve la diversificación de la producción agrícola, incorporando el elemento arbóreo, aumentando así el secuestro de carbono. (Suárez y Martín 2010). Es una práctica que combina la adaptación y la mitigación al cambio climático, ya que los árboles realizan diferentes funciones como la fijación y almacenamiento de carbono así como la adaptación de las fincas a fenómenos extremos del clima como sequías o excesos de humedad. Además pueden contribuir para disminuir la presión sobre los bosques y fragmentos forestales. (Ávila *et al.* 2001).

3.7.6 Línea base de uso del suelo

El IPCC (2000) define a la línea base como “el escenario de referencia contra el cual un cambio en emisiones o reducciones de gases de invernadero es medido; pueden ser establecidas a nivel nacional, sectorial o de proyecto”. La línea base nacional se desarrolla del análisis de prácticas y tendencias nacionales y se combinan con mediciones en modelos y parcelas de control. A nivel de país pueden existir tres tipos de línea base para conocer la deforestación:

1. El enfoque de promedio histórico por medio del cual la deforestación de tasa histórica promedio se proyecta hacia el futuro.

2. Modelación de la tasa de deforestación futura en base a las tendencias históricas usando una ecuación de regresión adaptada. Este enfoque es útil donde existe una clara tendencia a la alta o baja, en la tasa de deforestación.
3. La modelación con covariables para modelar la tasa de deforestación a partir de los determinantes de la deforestación (por ejemplo, población).

La línea base representa la situación sin proyecto, sin tener las condiciones necesarias para conservar los sumideros existentes y crear nuevos sumideros (en el caso del sector forestal) o para implementar tecnologías limpias (caso sector energético). La construcción de la línea base permite determinar cuál puede ser la contribución de proyectos diseñados para reducción de carbono (Figura 3) (Michaelowa et al. 2003). Se puede construir a través de modelos econométricos. Con estos se puede determinar una línea base en proyectos forestales cuando los patrones históricos de cambio de uso del suelo están bien documentados y se supone que la situación económica en el área en cuestión no experimentará cambios drásticos. Para construir la línea base es necesario desarrollar una evaluación de bases de datos históricos y un análisis de cambio de uso del suelo (IPCC 2000).

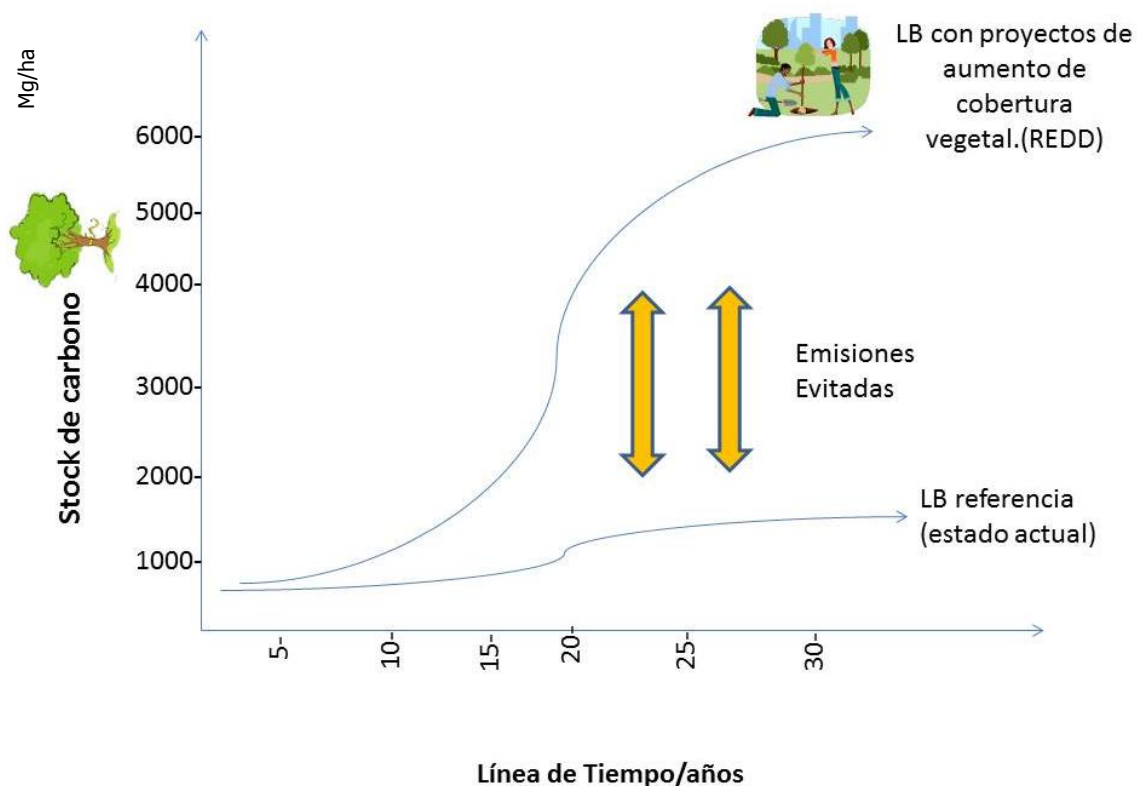


Figura 3. Diagrama de una línea base de referencia para proyectos de carbono¹

¹ La figura es diseño de los autores

3.7.7 El mecanismo REDD+

REDD+ significa "Reducción de las Emisiones producto de la Deforestación y la Degradación de bosques"(Cabal 2010). Es una herramienta voluntaria de mitigación al cambio climático basada exclusivamente en el sector forestal, para ayudar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) a alcanzar el objetivo de estabilizar las concentraciones de GEI para el año 2050. El mecanismo REDD+ incluye 5 actividades primordiales:

1. Reducción de la deforestación
2. Reducción de la degradación
3. Conservación de las existencias de carbono
4. Manejo sostenible de los bosques
5. Aumento de los stocks de carbono

Para que el mecanismo sea implementado de manera exitosa se necesitan cuatro elementos fundamentales: una estrategia nacional o plan de acción, niveles nacionales de referencia de emisiones forestales o niveles nacionales de referencia forestal, sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) robustos y transparentes para monitorear y reportar las actividades definidas en el mecanismo REDD+ y *un sistema para informar* cómo se están cumpliendo las salvaguardas en el diseño de los sistemas nacionales de monitoreo forestal (UICN 2009).

REDD+ busca no solo fomentar la reducción de las tasas de pérdida de carbono a partir de los bosques, sino también impulsar el crecimiento de prácticas de conservación sobre los bosques existentes. Es un mecanismo que permitirá dar un valor financiero al "mantenimiento en pie" de árboles ya existentes, de modo que aquellos países que obtengan reducciones certificadas de emisiones provenientes de la realización de actividades cubiertas por el mecanismo puedan recibir "retribución" económica a cambio (Torres 2010).

Los costos de REDD+ incluyen los costos de implementación, los costos de oportunidad y los costos de transacción. Los costos de implementación emergen de las actividades necesarias para hacer frente a las causas de deforestación. Son costos directamente asociados a las acciones orientadas a reducir la deforestación y por lo tanto orientadas a reducir emisiones. Entre ellos se mencionan los costos por emisiones evitadas, por implementación de medidas de bajo impacto en las actividades de extracción de madera, etc. Estos costos podrían ser, por ejemplo, el costo de vigilar los bosques para evitar la tala ilegal y el costo de reubicar las actividades de extracción de madera fuera de las áreas de bosques naturales (Pagiola et al. 2010).

Los costos de oportunidad se originan desde la perspectiva de renunciar a los beneficios económicos que se hubieran generado por deforestación para que una población local pudiera subsistir. Estos incluyen los beneficios económicos del uso alternativo del suelo a los que se renuncia (Guzmán Castillo 2000).

Estimar los costos de oportunidad es crítico para entender las causas de la deforestación y degradación (Caballero 2010). Estimar la magnitud de los costos de oportunidad, ofrece un cálculo más o menos adecuado de las presiones responsables de la deforestación. Entender cómo están distribuidos estos costos a lo largo de los diferentes grupos al interior de la sociedad nos indica quienes ganan y quienes pierden en REDD+ (Gibbs et al. 2007). Los estimados de los costos de oportunidad aportan insumos no solamente para determinar los costos para el país debido al programa REDD+, sino también para determinar las causas y las implicaciones de distribución de la deforestación y por lo tanto en la determinación del tipo de intervenciones necesarias para reducir realmente la deforestación (Korhonen-Kurki et al. 2013).

Los costos de transacción son los costos necesarios para los distintos actores que participan en la transacción de pagos de REDD+ (el comprador y el vendedor, o el donante y el beneficiario), así como también otros agentes externos, como los reguladores del mercado, los administradores del sistema de los pagos, para evaluar o contabilizar que el sistema REDD+ ha contribuido en la reducción de determinados volúmenes de emisiones (Edwards et al. 2010). Estos costos ocurren en el proceso de identificación del programa REDD+, negociación, la transacción, monitoreo, reporte y verificación de las toneladas de reducción de emisiones. Estos costos son generados por los implementadores del programa REDD+ y por terceros, tales como verificadores, certificadores y abogados (Gregersen et al. 2010). Estos costos son separados de los costos de implementación en tanto ellos por sí solos no reducen deforestación o degradación forestal (Nhandumbo y Rolington 2011).

Un estudio comparativo de los costos de oportunidad en América del sur realizado por (Verchot *et al.* 2013), reveló que el 50% de los casos estudiados tienen costos de oportunidad promedio entre 2 hasta 14 USD/ha para esquemas REDD+, considerando un período de tiempo de 30 años. Otro estudio muestra que el promedio de los costos de oportunidad para África fue \$2.22/tCO₂, para las Américas \$2.37/tCO₂, y para Asia \$2.90/tCO₂. Los estimados promedios para los costos de implementación y los de transacción son de \$1/tCO₂, o de más o menos 20 % del costo de oportunidad (Gregersen *et al.* 2010). Los costos de implementación fueron entre 5 y 20 % de los costos de la deforestación evitada en los países con mayor cobertura forestal (Thompson et al. 2013).

3.7.8 Las áreas protegidas en el contexto del cambio climático

Las áreas protegidas han sido diseñadas como instrumentos de ordenamiento territorial en respuesta a la necesidad de conservar importantes espacios naturales debido al aumento demográfico y a las posibilidades del hombre moderno de transformar, impactar y fraccionar áreas silvestres y paisajes naturales (Convenio Sobre La Diversidad Biológica 2009). Estos importantes sitios de conservación han sido considerados por mucho tiempo instrumentos para salvaguardar la biodiversidad y, actualmente, para enfrentar retos como el cambio climático (Gutiérrez 2010)

Estas zonas de conservación cobrarán una importancia mayor como sitios seguros para ofrecer a la biodiversidad hábitats de buena calidad y menos vulnerables a las condiciones

climáticas extremas, ya que sirven como refugios para las especies amenazadas y reservorios de genes de gran valor biológico y ambiental. Además, estas áreas tienen el potencial de seguir proveyendo los servicios ambientales que actualmente nos brindan, como la provisión de fuentes de agua, la producción de oxígeno, la absorción del dióxido de carbono, la regulación del clima, la mitigación de inundaciones y la prevención de deslizamientos o derrumbes (Zamora y Sánchez 2009).

Las áreas protegidas juegan un rol fundamental desde distintos puntos de vista ya que tienen un papel preponderante tanto para la mitigación del cambio climático como para la adaptación de los sistemas naturales y humanos. En lo que a mitigación se refiere, se ha estimado que el total de áreas protegidas terrestres a nivel mundial almacenan más del 15% del total de carbono capturado en los ecosistemas terrestres (Haas 2009).

La función que cumplen las Reservas de Biosfera por su rol de conservación es muy importante, ya que promueven en una zona núcleo y la investigación científica, y en la zona de amortiguamiento y cultural el desarrollo de un paisaje manejado en forma sustentable. En el contexto de cambio climático, todas estas áreas protegidas son importantes para apoyar la resiliencia de los ecosistemas e indispensables para reducir la vulnerabilidad de la naturaleza ante los efectos del cambio (Halffer 2011).

El papel de estas reservas es fundamental ya que se pueden implementar medidas de adaptación de los sistemas humanos y naturales, y a la vez desarrollar prácticas y estrategias de resiliencia. Al mismo tiempo, se podrían implementar estrategias de mitigación en las zonas de amortiguamiento. En el futuro, los planes de diseño y ordenación de estas áreas protegidas deberán ser un compromiso de las comunidades locales, con los programas de desarrollo sostenible (Montagut 2009).

La conservación de los ecosistemas protegidos y la restauración de los ecosistemas degradados (incluida su diversidad genética y de especies) son quehaceres primordiales para los objetivos generales de la CMNUCC. Esto se debe a que estos sitios desempeñan una función esencial en el ciclo mundial del carbono y en la adaptación al cambio climático, y al mismo tiempo proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos que son esenciales para el bienestar humano y para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Convenio Sobre La Diversidad Biológica 2009).

Es bien sabido que las áreas protegidas están diseñadas primordialmente para fines de conservación de la diversidad biológica y que tienen un valor complementario por el almacenamiento y secuestro del carbono (Gutiérrez 2010). Una gestión efectiva a tiempo, más la creación de corredores biológicos pudiera contribuir a la mitigación de cambios climáticos haciendo que disminuyan las emisiones actuales y futuras de gases de invernadero, protegiendo los actuales depósitos de carbono, al mismo tiempo que se protege parte de la diversidad biológica (Locatelli *et al.* 2009).

A pesar de los tratados y convenios nacionales e internacionales a los que Honduras está suscrita y de la importancia de las reservas de biosfera como patrimonio de la humanidad, el

deterioro del bosque y sus servicios ecosistémicos aún persisten en esta zona. Por ellos es imperativo que la toma de decisiones se materialice en políticas y estrategias para realizar estimaciones de mitigación al cambio climático y así mantener en las mejores condiciones posibles a estos vitales ecosistemas (Larios 1999).

3.7.9 El caso de las concesiones forestales para reducir la deforestación en la Zona de Uso Múltiple en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala

El Gobierno de Guatemala creó la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) en 1990 para garantizar la preservación del patrimonio natural y cultural para las futuras generaciones. Tiene una extensión de 2.1 millones de hectáreas. Además de ser una región de importancia ecológica, por contener el área de bosque natural más grande que se conserva sin alterar en el país, este sitio contiene reservas importantes de petróleo: 98% de la producción nacional de petróleo en Guatemala se extrae de dos sitios que están dentro de la RBM (CONAP 1998).

La reserva tiene una población aproximada de 87.000 personas, de las cuales la mayor parte se ha asentado en las últimas dos décadas. Los asentamientos más antiguos se remontan a los años de 1820 y están poblados por sociedades que subsisten principalmente gracias a los productos maderables y no maderables. Las nuevas poblaciones en la región se han dedicado en especial a la agricultura y ganadería extensiva, convirtiendo a la deforestación en un problema importante (Monterroso 2006).

La inmigración a la RBM sigue siendo una preocupación fundamental. La RBM está bajo la amenaza de una creciente población proveniente de la zona interior del país. En las últimas dos décadas, la población de Petén ha crecido a una tasa anual de casi el 10% (CONAP 2003), lo que debe compararse con la tasa nacional de crecimiento del 2,9%. A este ritmo, se estima que la población se duplicará cada 8 años (Grünberg y Ramos 2009).

Para fines administrativos, la RBM está dividida en tres zonas de uso de la tierra con diferentes grados de manejo (Hughell y Butterfield 2008). La zona núcleo designada para protección estricta y compuesta de cinco parques nacionales, cuatro biotopos y un monumento cultural. Zona de amortiguamiento, es una zona de 15 Km. de ancho en el límite sur de la RBM donde se permite la agricultura y la propiedad privada de la tierra. La zona de usos múltiples, designada para agricultura manejada y sostenible de bajo impacto y la extracción de recursos forestales madereros y no madereros.

Actualmente, el 67% del área de la RBM ha sido asignada a comunidades locales o a la industria privada a través de contratos de concesión a mediano plazo y el 61% de ésta ha sido certificada por el FCS. El 33% restante no está bajo ningún programa formal de manejo.

Los estudios muestran que desde la creación de la RBM se han perdido más de 70.000 ha debido a las actividades agrícolas y ganaderas. Dentro de la RBM, la tasa de deforestación varía de un máximo de 3,00% en la Zona de Amortiguamiento a 0,34% en la Zona Núcleo y 0,16% en la Zona de Uso Múltiple (Carrera et al. 2000).

El área de uso múltiple le permite a las comunidades locales extraer productos tradicionales y no tradicionales del bosque, incluyendo los productos maderables y no maderables, como el chicle (*Manilkara zapota*), el xate (*Chamaedorea spp.*), la pimienta (*Pimenta dioica*) y el bayal (*Desmoncus sp.*). Con el fin de controlar la deforestación, se ha restringido tanto la inmigración a esta zona como las actividades agrícolas de la población residente. Las actividades en esta región están enfocadas al desarrollo de fuentes de ingreso para la población, basadas en el uso sostenible de productos forestales, en lugar de las actividades agrícolas (CONAP 1998).

La parte fundamental del proceso de las concesiones en la zona de uso múltiple de la RBM, consiste en delegar su administración a través de la adjudicación de unidades de manejo de tal forma que los concesionarios reciban derechos de usufructo por 25 años, con beneficios y responsabilidades ordenados legalmente (CONAP 1998).

El objetivo de estas concesiones fue convertir a las comunidades de la RBM en aliados de en la conservación de las áreas protegidas, permitiéndoles el aprovechamiento exclusivo de los recursos amparados en la concesión, siempre que estos estén bajo un esquema de manejo sostenible. La tierra dentro de las unidades de manejo no puede ser repartida individualmente, ni puede utilizarse para otras actividades diferentes a las forestales o a las estipuladas en el contrato de concesión. El estado sigue con la potestad de aprovechar los recursos del subsuelo (agua, petróleo y cualquier actividad minera).

Entre sus responsabilidades los concesionarios deben velar por la integridad de la unidad de manejo concesionada. Esto implica el control y vigilancia para evitar invasiones que se traducen en pérdida de cobertura boscosa, prevenir y controlar incendios, evitar la tala ilegal de madera y la depredación de recursos arqueológicos, entre otros actos ilícitos (Carrera et al. 2000).

El inicio del proceso de concesiones forestales gozó de diversas motivaciones. Por un lado el gobierno buscaba concretar a través de este mecanismo, los grandes objetivos de la RBM: compatibilizar la conservación de la biodiversidad con el desarrollo socioeconómico local. Pero esta decisión también coincide o se ve influenciada por las crecientes presiones de industriales forestales y grupos locales (recolectores de productos no maderables) por esclarecer las formas y posibilidades de acceso a los bosques y sus recursos maderables y no maderables (Nations et al. 1989) .

Entre los principales logros atribuibles a las concesiones se encuentra el ordenamiento territorial de la zona de uso múltiple facilitando su administración, lo que se traduce en una reducción de conflictos por el uso de los recursos y tenencia de la tierra (Monterroso 2006). La reducción al avance de la frontera agrícola es evidente. Las imágenes de satélite y resultados de monitoreo de campo muestran que en las áreas concesionadas se ha mantenido la integridad de la cobertura boscosa en un 98 % (Effantin y Elias Gramajo 2002).

Rain forest Alliance en un estudio realizado en el período 2002 a 2007 determino que la tasa promedio anual de deforestación para toda el área de la Reserva es de 0,88%, lo cual es superior a veinte veces más que la tasa de deforestación para las concesiones certificadas (0,04%) (Radachowsky et al. 2013).

El control de incendios forestales ha sido otro de los logros, imágenes de satélite muestran una reducción en la magnitud de incendios forestales en áreas concesionadas en comparación con otras categorías de manejo (Caal 2012). Las imágenes muestran que los incendios del año 2000 afectaron menos el área bajo concesiones, en comparación con otras zonas de la Reserva de Biosfera Maya. Esto se debe a las medidas de control, vigilancia y prevención aplicadas por las comunidades al momento de hacer las quemas durante la preparación de los terrenos para la agricultura (Monterroso y Barry 2009).

3.7.10 Lecciones aprendidas del estudio de caso de La Reserva de Biosfera Maya que pudieran ser aplicables en la zona de estudio:

Así como la Reserva de Biosfera Maya ha sido un caso exitoso para reducir las emisiones causadas por la deforestación, La Reserva de Biosfera del Rio Plátano y El Valle de Sico Paulaya podrían implementar actividades que reducirían estas emisiones. Estas se enuncian a continuación:

- Elaboración de un plan de ordenamiento territorial y un plan de trabajo de forma participativa en coordinación con el ente gubernamental encargado del sector forestal (ICF), investigadores, comanejadores de la zona, consejos consultivos, etc.
- Articulación de todas las acciones y programas que se lleven a cabo por medio de una planificación estratégica común, tomando en cuenta la agenda municipal y los planes regionales de desarrollo.
- Formulación de proyectos de desarrollo en donde se vean involucradas las comunidades y que requiera la participación activa de todos los actores locales.
- De existir áreas en concesiones, la elaboración de planes de manejo forestal deben realizarse con participación activa de las comunidades, tomando en cuenta conocimientos y cultura de las comunidades asentadas en La Reserva, integrando alternativas productivas y compromisos adquiridos por todos los actores locales.
- Realizar procesos de fortalecimiento de las capacidades y lograr equipar a las comunidades para mejorar el manejo sostenible del bosque, obteniendo en un corto plazo la certificación forestal.
- Desarrollar programas pilotos dentro del Valle y La Reserva para impulsar prácticas de manejo de la ganadería bajo sistemas silvopastoriles y la agricultura con sistemas agroforestales para la recuperación de la cobertura forestal

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, E. 2009. Fisiología de cultivos: intensificación sustentable, captura de carbono y aumento del rendimiento potencial y rendimiento bajo estrés en los grandes cultivos. Laboratorio de relación suelo-agua-planta, Universidad de Chile, Santiago, Chile Seminario Desafío Científico del Desarrollo de las Ciencias de la Agricultura de Chile. Reunión Académica de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
- AFE-COHDEFOR, Administración Forestal del Estado. 2002. Informe sobre la Efectividad del Manejo Sitio de Patrimonio Mundial Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano Revista de Biología tropical.
- Ahamdanech Zarco, I.; Bosque Sendra, J.; Pérez Asensio, E. 2002. Vulnerabilidad del territorio ante los riesgos naturales: una propuesta de medición en Honduras tras el paso del huracán Mitch Estudios geográficos.
- Alfaro, W.; Rivera, L. 2008. Cambio climático en Mesoamérica: temas para la creación de capacidades y la reducción de la vulnerabilidad Guatemala febrero.
- Angelsen, A.; Kaimowitz, D. 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models The world bank research observer 14(1): 73-98.
- Angelsen, A.B.; Kanninen, M.; Sills, M.; Sunderlin, E.; WD Wertz-Kanounnikoff, S. 2010. La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política, CIFOR.
- Arevalo ; Alegre J; Ch, P. 2003. Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Revista Científica.
- ASEGURAR, I.D.P.M.P.; SUS, V.A.T.E.C.; LOS BENEFICIOS, P.E. 2007. CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA.
- Ávila, G.; Jiménez, F.; Beer, J.; Gómez, M.; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica Agroforestería en las Américas 8(30): 32-35.
- Baccini, A.; Goetz, S.; Walker, W.; Laporte, N.; Sun, M.; Sulla-Menashe, D.; Hackler, J.; Beck, P.; Dubayah, R.; Friedl, M. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps Nature Climate Change 2(3): 182-185.
- Bennaceur, K.; Clark, B.; Orr Jr, F.M.; Ramakrishnan, T.; Roulet, C.; Stout, E. 2005. El hidrógeno:¿ Un futuro portador energético? Gas 25(20.1): 15.3.
- Briceño Valera, F.J. 2003. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, estado Trujillo Geoenseñanza 8: 1.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon Interciencia. Caracas 17(1): 8-18.

- Brown, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. *In* Actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Arboles 1997. p. 13-22.
- _____. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges *Environmental pollution* 116(3): 363-372.
- Brustlein, V.; David, M.B.d.A.; Waniez, P. 2000. Perspectivas y restricciones al desarrollo sustentable de la producción forestal en América Latina, CEPAL.
- Caal, C.G. 2012. Concesiones forestales en la Zona de Uso Múltiple, Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala *Reservas de la Biosfera*: 141.
- CABAL, S.A. 2010. Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: Una valoración del potencial de REDD+ en Mesoamérica CABAL, S.A. ed., PRISMA. 89 p.
- Calvo, E. 2010. Guía Metodológica para la adaptación a los impactos del cambio climático en las ciudades y opciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero *Foro Ciudades para la Vida-Acuervo Ecuador*.
- Carrera, F.; Morales, J.; Gálvez, J. 2000. Las concesiones forestales comunitarias en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén. Guatemala *Boletín Informativo Proyecto FAO/GUA/008/NET "Apoyo a la Dirección y Coordinación del Plan de Acción Forestal para Guatemala* 11: 5-8.
- Castaño, B.E.A. 2013. Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto *Memorando de Derecho* (2): 13-22.
- Chacón, P.; Leblanc, H.; Russo, R. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica *Tierra Tropical* 3(1): 1-11.
- Chowdhury, R.R. 2006. Driving forces of tropical deforestation: The role of remote sensing and spatial models *Singapore Journal of Tropical Geography* 27(1): 82-101.
- Clark, G. 2005. Human capital, fertility, and the industrial revolution *Journal of the European Economic Association* 3(2-3): 505-515.
- CONAP. 1998. Tierras y Medio Ambiente en la Reserva de la Biosfera Maya-Petén-Guatemala Guatemala: CARE/CONAP.
- Conde-Álvarez, C.; Saldaña-Zorrilla, S. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación *Ambiente y desarrollo* 23(2).
- Convenio sobre la diversidad Biológica, C. 2009. RELACIÓN ENTRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: 16. Consultado Electrónico. Disponible en <http://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochure-es.pdf>
- De Chazal, J.; Rounsevell, M.D. 2009. Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: A review *Global Environmental Change* 19(2): 306-315.

- Edwards, D.P.; Fisher, B.; Boyd, E. 2010. Protecting degraded rainforests: enhancement of forest carbon stocks under REDD+ Conservation Letters 3(5): 313-316.
- Effantin, ,, Rachel; Elias Gramajo, S. 2002. Del avance de la frontera agrícola al manejo forestal comunitario: Petén, Guatemala Caravelle (1988-): 43-68.
- Engels, B.; Winkler, S. 2008. El Patrimonio Mundial y la Meta de Biodiversidad 2010 Revista del patrimonio mundial (49): 4-17.
- Etchevers, J.; Acosta, M.; Monreal, C.; Quednow, K.; Jiménez, L. 2001. Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. *In* Memorias del Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 2001. p.
- FAO-Unesco, I. 1990. Soil map of the world Revised legend. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report 60.
- FAO. 2007a. Monitoreo de procesos de deforestación/degradación en bosques humedos tropical Reunión TÚcnica sobre Monitoreo de Procesos de Deforestacion/Degradación de Bosques Humedos Tropicales. Lima (PE). 19881020.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). 2007b. Los bosques y el cambio climatico. Departamento forestal Boletin Informativo. Disponible en www.fao.org/forestry/climatechange/es.infofaospanishlosbosquesyelcambioclimatico.pdf
- García, A.; Laurín, M.; Llosá, M.; Gonzálvez, V.; Sanz, M.; Porcuna, J.L. 2008. Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional Agroecología 1: 75-88.
- García Puentes, L.E. 2001. Estudio de línea base de suelos en un sitio de referencia en la microcuenca de El Zapotillo, Guinope, Honduras.
- Geist, H.J.; Lambin, E.F. 2002a. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations BioScience 52(2): 143-150.
- _____. 2002b. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations BioScience 52(2): 143-150.
- Gibbs, H.K.; Brown, S.; Niles, J.O.; Foley, J.A. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality Environmental Research Letters 2(4): 045023.
- Gonzalez Montagut, R. 2009. ¿ Funcionan las reservas de la biosfera? La experiencia del Fondo para Áreas Naturales Protegidas CONABIO. Capital natural de México 2: 411-412.

- Gregersen, H.; El Lakany, H.; Karsenty, A.; White, A. 2010. Does the opportunity cost approach indicate the real cost of REDD+ Rights and Realities of Paying for REDD+. Rights and Resources Initiative. Washington, DC.
- Grünberg, G.; Ramos, V.H. 2009. Base de datos sobre población, tierras y medio ambiente en la Reserva de la Biosfera Maya CARE/CONAP, Santa Elena, Petén.
- Gutiérrez, H.C. 2010. SITUACIÓN Y RETOS GLOBALES DE LA BIODIVERSIDAD. PERSPECTIVA DE NACIONES UNIDAS ÍNDICE DEL DOCUMENTO: 22.
- Guzmán Castillo, W. 2000. Cómo aplicar los conceptos de costo de oportunidad y costo-beneficio para la toma de decisiones en la producción agroforestal? Agroforestería en las Américas (Costa Rica).(7(28): 26-28.
- Haas, U. 2009. Analisis de capacidades nacionales para la conservacion in situ. Capacidades para la conservacion y uso sustentable de la biodiversidad.
- Halffer, G. 2011. Reservas de la biosfera: problemas y oportunidades en Mexico. Revista Científica.
- Hill, G.; Mitkowski, N.; Aldrich-Wolfe, L.; Emele, L.; Jurkonie, D.; Ficke, A.; Maldonado-Ramirez, S.; Lynch, S.; Nelson, E. 2000. Methods for assessing the composition and diversity of soil microbial communities Applied soil ecology 15(1): 25-36.
- Hughell, D.; Butterfield, R. 2008. Impact of FSC Certification on Deforestation and the Incidence of Wildfires in the Maya Biosphere Reserve, Rainforest Alliance New York, NY, USA.
- Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F.; Rojas, J. 2013. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.
- ICF, (Instituto de Conservación Forestal Areas Protegidas y Vida Silvestre). 2011a. Estimaciones de la deforestación en Honduras. Revista Científica. Disponible en www.icf.gob.hn
- Iglesias, A.; Martín, F.M. 2009. Consecuencias del cambio climático para la agricultura:¿ un problema de hoy o del futuro? Revista española de estudios agrosociales y pesqueros (221): 45-70.
- IPCC, , INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006. Directrices del IPCC para los inventarios nacional de gases de efecto invernadero [En línea] IPCC (Geneve). Versión en español 4(4): 93p.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change, us). 2000. Land use,land use change and forestry articulo científico: 377.
- Jaramillo , D.F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo.
- Kanninen, M. 2000. Secuestro de carbono en bosques. El papel de los bosques en el ciclo global del carbono. Revista.

- Korhonen-Kurki, K.; Brockhaus, M.; Duchelle, A.E.; Atmadja, S.; Thuy, P.T. 2013. Múltiples niveles y múltiples retos para REDD *Análisis de REDD*: 105.
- Lambin, E.F.; Geist, H.J. 2003. Regional differences in tropical deforestation *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 45(6): 22-36.
- Lambin, E.F.; Geist, H.J.; Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions *Annual review of environment and resources* 28(1): 205-241.
- Lambin, E.F.; Geist, H.; Rindfuss, R.R. 2006. Introduction: local processes with global impacts. *In*. 2006. *Land-use and land-cover change*. Springer. p. 1-8.
- Larios, M.V. 1999. Zonas indígenas versus áreas protegidas: el caso de la reserva de la biosfera del río Plátano en Honduras *Mesoamerica* 20(37): 145-168.
- _____. 2008. Zonas indígenas versus áreas protegidas: el caso de la reserva de la biosfera del río Plátano en Honduras *Mesoamerica* 20(37): 145-168.
- Locatelli, B.; Evans, V.; Wardell, A.; Andrade, A.; Vignola, R. 2007. Bosques y cambio climático en América Latina *Gobernanza forestal y REDD*: 79.
- Locatelli, B.; Kanninen, M.; Brockhaus, M.; Colfer, C.J.P.; Murdiyarsa, D.; Santoso, H.; Locatelli, B.K.; Brockhaus, M.; Colfer, M.; Murdiyarsa, C. 2009. Ante un futuro incierto: Cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático, CIFOR (Free PDF Download).
- Locatelli, B.; Kanninen, M. 2010. Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*: 11.
- Lu, D.; Mausel, P.; Batistella, M.; Moran, E. 2005. Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study *International Journal of Remote Sensing* 26(1): 101-114.
- Malhi, Y.; Phillips, O.L. 2004. Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359(1443): 549-555.
- Masera, O. 2002. Bosques y cambio climático en América Latina. *Análisis y perspectivas* Leff E; Ezcurra E; Pisanty I, Romero P (Comps.) *La Transición hacia el Desarrollo Sustentable, Perspectivas de América Latina y el Caribe*. Instituto Nacional de Ecología. México: 211-235.
- Mayaux, P.; Holmgren, P.; Achard, F.; Eva, H.; Stibig, H.-J.; Branthomme, A. 2005. Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1454): 373-384.
- Michaelowa, A.; Stronzik, M.; Eckermann, F.; Hunt, A. 2003. Transaction costs of the Kyoto Mechanisms *Climate policy* 3(3): 261-278.

- Miles, L.; Dickson, B. 2010. REDD-plus y la biodiversidad: oportunidades y retos Unasylya: revista internacional de silvicultura e industrias forestales (236): 56-63.
- Monterroso, I. 2006. Comunidades locales en áreas protegidas: reflexiones sobre las políticas de conservación en la reserva de biosfera maya Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana: 239-275.
- Monterroso, I.; Barry, D. 2009. Tenencia de la tierra, bosques y medios de vida en la reserva de la biosfera Maya en Guatemala: Sistema de concesiones forestales comunitarias CIFOR/FLACSO Editorial de Ciencias Sociales: Guatemala.
- Moutinho, P.; Santilli, M.; Schwartzman, S.; Rodrigues, L. 2005. Por que ignorar la deforestación tropical? Una propuesta de incluir la conservación de los bosques en el Protocolo de Kyoto Unasylya (FAO).
- Nations, J.; Billy, S.; Ponciano, I.; Houseal, B.; Castillo, J.J.; Godoy, J.C.; Castro, F. 1989. La Reserva de la Biósfera Maya, Petén: Estudio Técnico Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala.
- Nhantumbo, I.; Rolington, L. 2011. Talking REDD+: beyond forestry—joining up and moving forward International Institute for Environment and Development.
- Paegelow, M.; Olmedo, M.T.C.; Toribio, J.M. 2003. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje, Asociación de Geógrafos Españoles.
- Pagiola, S.; Bosquet, B.; Mundial, B. 2010. Estimando Los Costos de REDD a Nivel de País.
- Pérez, M.R.; Fernández, C.G.; Sayer, J.A. 2007. Los servicios ambientales de los bosques Revista Ecosistemas 16(3).
- QUINTERO-ANGEL, M.; CARVAJAL-ESCOBAR, Y. 2010. ADAPTACIÓN O MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CONSIDERACIONES EN EL CONTEXTO LATINOAMERICANO Revista Investigación, Biodiversidad y Desarrollo 29(2).
- Radachowsky, J.; Ramos, V.H.; McNab, R.; Baur, E.H.; Kazakov, N. 2013. Concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala Avances y perspectivas del manejo forestal para uso múltiple en el trópico húmedo: 11.
- Reyes, D.-G.J.; Francois, M.-C.J. 2008. La deforestación de los bosques tropicales: una revisión.
- Rivera, S.; González, L. 2011. Estudio Interpretación Multitemporal de Imágenes Satelitales para la Detección del Cambio del Uso del Suelo en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano (RHBRP) entre los Años 2006 y 2011 Tegucigalpa: Instituto de Conservación Forestal.
- Rodríguez, J.; Pratt, L. 2012. Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Honduras.
_____. 2012

- Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Honduras.
- Rotty, R.M.; Marland, G. 2006. Fossil fuel combustion: recent amounts, patterns, and trends of CO₂. *In*. 2006. The Changing Carbon Cycle. Springer. p. 474-490.
- Rubin, E.; de Coninck, H. 2005. IPCC special report on carbon dioxide capture and storage UK: Cambridge University Press. TNO (2004): Cost Curves for CO₂ Storage, Part 2.
- Sala, O.E.; Chapin, F.S.; Armesto, J.J.; Berlow, E.; Bloomfield, J.; Dirzo, R.; Huber-Sanwald, E.; Huenneke, L.F.; Jackson, R.B.; Kinzig, A. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100 *science* 287(5459): 1770-1774.
- Sbert, C. 2004. Elementos para una gestión ambiental efectiva en El Salvador, Honduras, Nicaragua, Guatemala y Costa Rica: Informe preliminar para discusión UNISFERA Internacional Centre.
- Schlegel, B.; Gayoso, J.; Guerra, J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D98I1076. Valdivia, Chile 18: 19-20.
- SERNA, Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente. 2010. Preparación de la primera comunicación de Honduras a la convención de las naciones unidas sobre cambio climático, el calentamiento global. Revista.
- Soares-Filho, B.; Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira, G.; Diaz, V.; del Carmen, M.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém–Cuiabá corridor *Global Change Biology* 10(5): 745-764.
- Solomon, S. 2007. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC, Cambridge University Press. (4).
- Suárez, J.; Martín, G. 2010. Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental *Pastos y Forrajes* 33(3): 0-0.
- Thompson, I. 2012. Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal *Unasylva: revista internacional de silvicultura e industrias forestales* (238): 25-30.
- Thompson, O.R.R.; Paavola, J.; Healey, J.R.; Jones, J.P.; Baker, T.R.; Torres, J. 2013. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+): Transaction Costs of Six Peruvian Projects *Ecology & Society* 18(1).
- Thuiller, W.; Lavorel, S.; Araújo, M.B.; Sykes, M.T.; Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(23): 8245-8250.
- Torres, A. 2010. El mecanismo para la reducción de la deforestación y la degradación forestal y para el fomento de las reservas de carbono (REDD+): nota sobre un innovador instrumento de mitigación *Revista Catalana de DRET ambiental* 1(2): 1-24

- UICN, U.I.p.I.C.d.I.N., usa. 2009. REDD+, alcance y opciones para el papel de los bosques en las estrategias de mitigación al cambio climático.
- Urra, I.R. 2013. ¿ Qué pasa en Honduras? Revista Divergencia 2(3): 133-156.
- Valdés Ramírez, M. 2012. ENSAYO EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL ESTADO SIMBIÓTICO DE LOS ÁRBOLES DEL BOSQUE Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(5).
- Vallejo Larios, M.; Guillén Coronado, I. 2006. Descentralización de la gestión forestal en Honduras: mirando hacia el futuro.
- Verchot, L.V.; Brockhaus, M.; Sunderlin, W.D.; Angelsen, A. 2013. Estudio Comparativo Global sobre REDD+(GCS) de CIFOR Análisis de REDD: 381.
- Vide, J.M. 2008. La nueva realidad del calentamiento global. Un decálogo del cambio climático Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales (12): 19.
- Williams, W.L. 2011. Sistematización de la Experiencias del inventario Nacional Forestal de Nicaragua 2007–2008 Memoria de ponencias: 122.
- Zambrano, A.; Franquis, F.; Infante, A. 2004. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales Revista. Forestal. Latinoamericana (35): 11-20.
- Zamora, R.; Sánchez, F. 2009. El valor de los Espacios Protegidos de montaña en un escenario de cambio global Revista Ecosistemas 18(3).
- Zanne, A.; Lopez-Gonzalez, G.; Coomes, D.; Ilic, J.; Jansen, S.; Lewis, S.; Miller, R.; Swenson, N.; Wiemann, M.; Chave, J. 2009. Global wood density database Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.
- Zapata, L.; Peña-Chocarro, L.; Pérez-Jordá, G.; Stika, H.-P. 2004. Early neolithic agriculture in the Iberian Peninsula Journal of world Prehistory 18(4): 283-325.
- Zilio, M.I. 2008. Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático Economía y Sociedad 14(22): 133-161.
- Zubizarreta, J.A. 2007. El papel de la gestión forestal en la lucha contra el cambio climático Sustrai: revista agropesquera (80): 57-60.

4. ARTICULOS DE INVESTIGACION

4.1 ARTÍCULO 1. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LOS DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN EL VALLE DE SICO PAULAYA Y LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DE LA RESERVA DE BIOSFERA DEL RIO PLÁTANO

Amy Lazo Ulloa¹ Bernal Herrera² Miguel Cifuentes³ Lindsay Canet⁴

4.1.1 RESUMEN

Los bosques tienen la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura mediante la fijación y el almacenamiento a través de la fotosíntesis. En contraste, la dinámica de usos de la tierra a nivel de paisaje afectan las existencias y los flujos de gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂. El presente trabajo tiene como objetivo cuantificar el carbono almacenado en los diferentes usos de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y La Zona de Amortiguamiento de La Reserva de Biosfera del Rio Plátano, Honduras. El carbono en la biomasa se estimó usando datos de parcelas permanentes de muestreo e inventarios forestales y ecuaciones alométricas.

Se determinó la biomasa y el carbono aéreo en diferentes sistemas de uso de la tierra. Los sistemas de uso de la tierra evaluados fueron: Bosque primario, bosque de pino, bosque secundario, agricultura de subsistencia y sabana con árboles. El promedio de carbono en el bosque primario fue de 168.00 tonC/ha, superando ampliamente las reservas del bosque secundario en edades juveniles que contienen un promedio de 29.71 tonC/ha. El bosque de pino contiene un promedio de 43.89 tonC/ha. Los sistemas agrícolas capturan entre 60 a 115 tonC/ha. Además éstos generan emisiones de gases efecto invernadero (GEI) cuando se usan agroquímicos y quema de rastrojos, entre otros.

Palabras clave: Bosques tropicales, Reserva de Biosfera, cuantificación de carbono.

4.1.2 ABSTRACT

Forests have the capacity to assimilate carbon and incorporate it into their structure by fixing and storage through photosynthesis. In contrast, the dynamics of land use at the landscape affect stocks and flows of greenhouse gases, mainly CO₂. This work aims to quantify the carbon stored in different land uses in the Valley of Sico Paulaya and The Buffer

¹ Estudiante postulante al *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. alazo@catie.ac.cr

² Director de la Cátedra de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos "Kenton Miller" CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. Bernalhf@catie.ac.cr

³ Especialista en Mitigación al Cambio Climático; Programa Cambio Climático y Cuencas, Turrialba CATIE 7170, Costa Rica. mcifuentes@catie.ac.cr

⁴ Especialista en Corredores Biológicos y Áreas Protegidas. Catedra de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos "Kenton Miller", CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. lcanet@catie.ac.cr

Zone Biosphere Reserve Rio Platano, Honduras. The biomass carbon was estimated using data from permanent sample plots and forest inventories and allometric equations.

We determined the aboveground carbon in: primary forest, pine forest, secondary forest, subsistence agriculture and savanna trees. The average carbon in primary forest was 168.00 tonC/ha, exceeding the reserves of young secondary forest, which contains 29.71 ton C ha. Pine Forest contains an average of 43.80 tonC/ha. Agricultural systems capture between 60 to 115 tonC/ha. Furthermore, they generate emissions of greenhouse gases (GHG) as agrochemicals and stubble burning are used, among others.

Keywords: Tropical Forest, Biosphere Reserve, carbon quantification.

4.1.3 INTRODUCCIÓN

El clima se verá alterado significativamente en este siglo debido al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂. En los últimos 200 años la concentración atmosférica de este gas pasó de 280 a 360 ppm de CO₂ y continua aumentando a una tasa promedio un poco superior a 1 ppm al año (Pardos 2008). Las plantas utilizan CO₂ y liberan O₂ durante el proceso fotosintético; asimismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras por periodos prolongados, por lo cual se les considera como reservas naturales de carbono (Valdés Ramírez 2012). La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de variables bioclimáticas, de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Zambrano et al. 2004). Las estimaciones de carbono almacenado en los diferentes usos del suelo es de gran importancia para determina la cantidad de carbono que llega a la atmósfera y lo que se fija en los diferentes usos (Brown y Lugo, 1992).

Para estimar la biomasa en un sistema forestal, y por tanto el contenido de carbono, se requiere de un inventario de árboles en pie (vivos o muertos), la cuantificación de la vegetación no arbórea, la estimación de la biomasa muerta (necromasa) y la estimación de biomasa en las raíces y el suelo (Schlegel et al. 2001).

Honduras presenta un alto potencial para el secuestro de carbono (ICF 2011a). La mitad del país está cubierto con vegetación forestal, representando más de cuatro billones de toneladas de carbono secuestradas (Ordoñez 2007). La deforestación está amenazando estos reservorios de carbono, originando la pérdida de cobertura boscosa de más de 4 millones de hectáreas en los últimos cuarenta años, convirtiéndose en uno de los problemas ambientales del país (Pratt y Quijandría 1997). Cada año se estima una pérdida de bosques entre 46,000 a 67,000 hectáreas de bosques, lo que significa una reducción del 3% anual de la cobertura arbórea del país (ICF 2011).

En el Valle y la Reserva la deforestación con fines de ampliación de la frontera agrícola y pecuaria y la actividad minera sin ningún control por parte del estado son una amenaza latente (Vallejo Larios y Guillén Coronado 2006) y han posicionado esta región como una de

las zonas con mayor riesgo a sufrir pérdida de bosque y biodiversidad de todo el país (CCAD 2003). Por este motivo, se hace necesario evaluar y promover el mantenimiento de servicios ambientales como la capacidad de almacenamiento del carbono (ICF 2011b). En este sentido el presente estudio tuvo como objetivo cuantificar existencias de carbono en el valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano.

4.1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El área de estudio (105,152.62 ha) se ubica en el municipio de Iriona, departamento de Colón, Honduras. Es aquí donde se encuentra la reserva de Biosfera del Río Plátano y el Valle de Sico Paulaya (denominado de aquí en adelante como El Valle, Figura 4). El área de estudio se extiende en dos diferentes regiones fisiográficas, presenta cinco categorías de cobertura/uso de la tierra de acuerdo con el mapa de uso del suelo elaborado por el Instituto de Conservación Forestal (ICF 2008) y un intervalo altitudinal de los 200 a los 2,500 m.

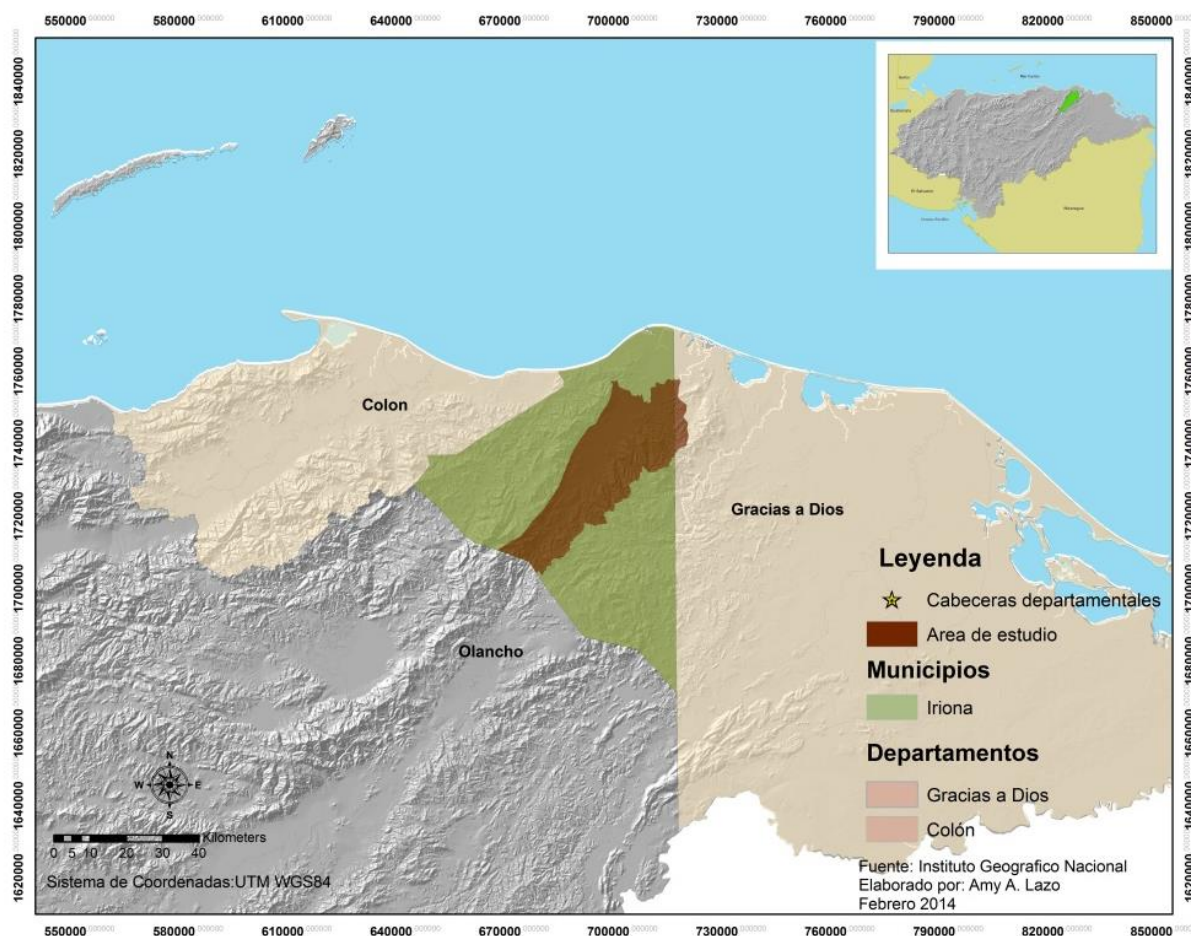


Figura 4. Ubicación del área de estudio para la estimación del carbono almacenado en el Valle de Sico Paulaya y La Reserva del Río Plátano en el departamento de Colón y Gracias a Dios

El área se clasifica como zona de vida bosque húmedo y muy húmedo tropical (Holdridge 1987). La precipitación mínima y máxima anual es de 2,000 y 4,000 mm, respectivamente,

ocurriendo la mayoría de las lluvias entre los meses de mayo y noviembre. La estación más seca ocurre entre los meses de febrero a abril, bajo la influencia de los vientos alisios del noreste. La temperatura anual promedio es de 23° C.

La región se caracteriza por su gran heterogeneidad ambiental, debido a su accidentada topografía, gradiente de humedad y contraste entre la zona de amortiguamiento de la Reserva y El Valle, en donde los paisajes son complejos y diversos, con relieves, climas y tipos de vegetación distintos. El contexto socioeconómico es también muy heterogéneo, debido a que las actividades (como el comercio de ganado, la minería, cultivos de subsistencia, elaboración de lácteos, entre otros) varían entre poblaciones. Esta zona ha experimentado una fuerte presión por el uso del suelo en los últimos años, como ha ocurrido en otras regiones del país. (ICF 2011).

El área de estudio cuenta con importantes recursos forestales constituidos principalmente por bosque de coníferas, bosque latifoliado y sabana con árboles. La importancia de estos recursos no se basa solamente en la producción de materias primas y bienes económicos, sino en el papel que desempeñan para la conservación de los stocks de carbono y la vida silvestre. Estos bosques cobrarían una mayor importancia si se valoraran sus funciones de protección, reguladoras y productivas ya que el proceso de deforestación ha traído como consecuencia degradación de los suelos, pérdida de biodiversidad, sedimentación y disminución en los caudales de los ríos (PROTEP 2010).

La estructura social dentro de las zonas de estudio está constituida básicamente por grupos bien diferenciados: los mestizos y los indígenas misquitos, quienes aún mantienen sus costumbres ancestrales. Los cultivos de subsistencia producen suficiente alimento para sostener a las familias de la zona a través de su actividad diaria normal. Actividades comerciales como la ganadería, el café y el cacao son partes importantes en los sistemas productivos establecidos en fincas familiares. El deseo de mejorar sus condiciones económicas, las prácticas agropecuarias, la constante inmigración de nuevos colonos y los altos índices de natalidad han provocado una reducción en los bosques, ya que las tierras aptas para la agricultura están siendo convertidas a pastos (Murphy et al. 2000).

Los resultados del Análisis Multitemporal (PROTEP 2010), muestran que las áreas de bosque en el área de la reserva y el valle se redujeron considerablemente en un período de 5 años. Los cálculos muestran que se perdieron 39,763.17 ha de cobertura de bosque en el periodo. Esto denota una tasa anual de deforestación de 7,952.63 ha/año, aproximadamente un 0.96%.

Caracterización de los Sistemas de Uso de la Tierra Evaluados

Se evaluaron cinco sistemas de uso de la tierra entre la Reserva y El Valle (ICF 2010):

1. Bosque primario latifoliado: Se encuentran desde el nivel de mar sobre planicies aluviales y subiendo las laderas suaves hasta una altitud 1000 msnm. Están conformados predominantemente por árboles muy maduros de hasta 35 metros de altura. Se pueden

encontrar especies de alto valor comercial como la caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), por lo cual, el ICF ha apoyado que las comunidades realicen un manejo y aprovechamiento sostenible del bosque.

2. Guamil alto o bosque secundario: Vegetación leñosa formada por la sucesión que se desarrolla sobre tierras cuya vegetación original fue destruida por actividades humanas (Finegan 1988) o catástrofes naturales. Al igual que en otras regiones del país esta es una práctica utilizada para favorecer la recuperación de los suelos. Para este tipo de bosque se han estimado valores que oscilan entre 20 a 100 especies arbóreas/hectárea (Hill et al. 2000). Las especies más comunes encontradas en este tipo de bosque son *Calophyllum brasiliense*, *Brosimum alicastrum*, *Dialium guianense*, entre otras.

3. Agricultura de subsistencia: Está caracterizada por un sistema de rotación de cultivos en áreas específicas, con períodos de descanso definidos por la disponibilidad de tierra. Estas áreas se ubican normalmente en las vegas de los ríos, son de propiedad familiar y sujetos a la herencia. La mayoría de las personas/familias tiene varios terrenos dispersos en un área, clasificados de acuerdo al tipo de cultivo para cada parcela. Los principales cultivos son diversos tipos de bananos y plátanos, yuca, camote, malanga, frijoles, arroz y maíz. La preparación de las tierras para el cultivo se realiza por medio de la roza y la quema. El uso continuo del mismo terreno para el cultivo extensivo hasta su agotamiento, y su posterior conversión a pastos, es muy común en la zona de estudio. Por estas razones cada vez más tierras boscosas son habilitadas para la agricultura (POT 2010).

4. Sabana con árboles: Sistema herbáceo y otras especies de sotobosque con la cobertura de copas menor de 30% y 15 metros de altura del bosque. Este ecosistema generalmente se encuentra localizado en la zona de La Mosquitia.

5. Bosque de Pino: La sabana de pino costero (*Pinus caribaea*) está localizada en las tierras bajas y llanuras colindantes a la zona costera en la parte noreste y este de La Reserva.

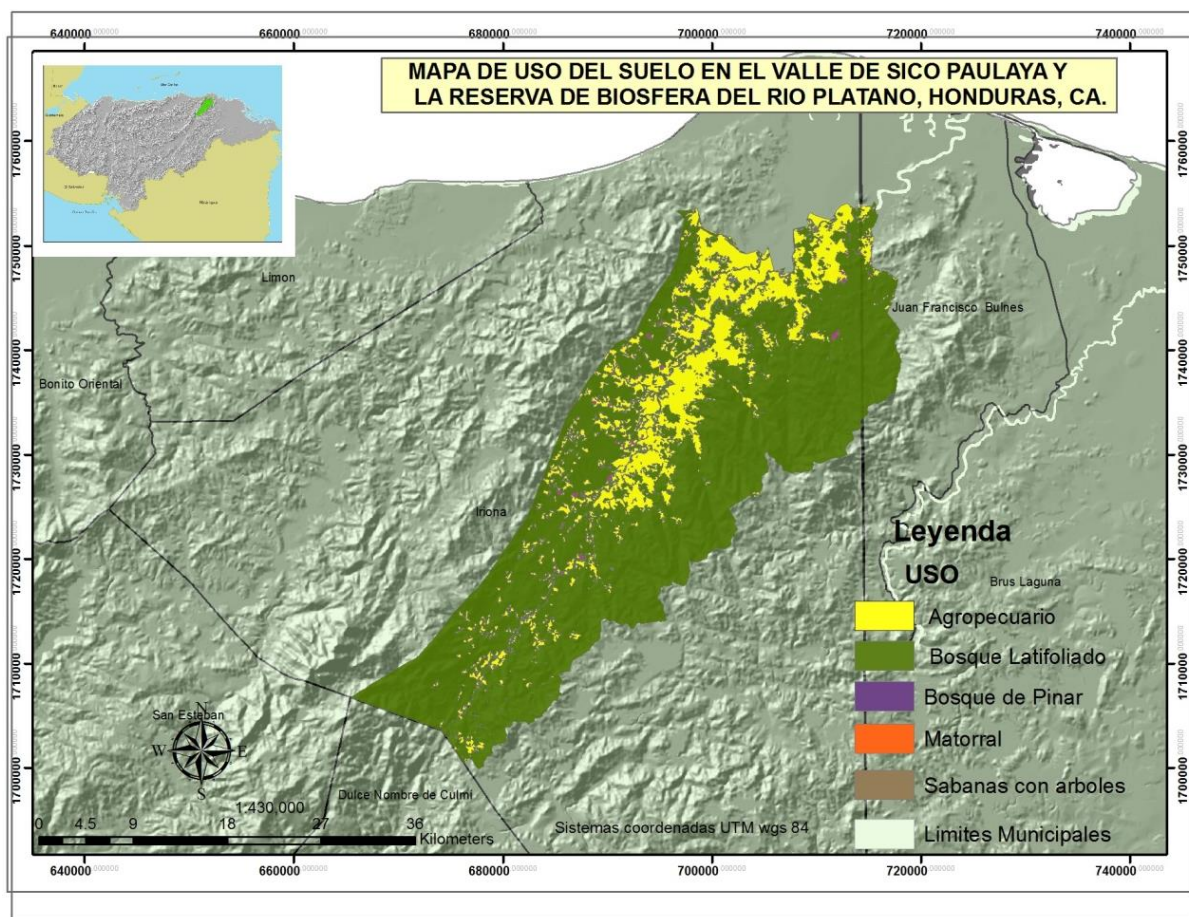


Figura 5. Mapa de uso del suelo en el Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Rio Plátano, Honduras

Muestreo de la biomasa en los diferentes sistemas

Se estimó la biomasa por encima del suelo y el carbono almacenado en cinco sistemas de uso de la tierra. La biomasa se estimó con base en aspectos de la estructura de la vegetación (diámetro a la altura del pecho, altura y peso específico de la madera de los individuos). Este estudio contempla el contenido de carbono de los árboles en el componente leñoso y hojarasca en el suelo para el bosque primario. En el caso del bosque secundario y el bosque de pino, se estimó el carbono almacenado solamente en el fuste, asimismo para el sistema agropecuario que solamente se recolectaron datos de los residuos sobre el suelo. No se consideró el sotobosque, hojarasca, necromasa y suelo en algunos de los sistemas evaluados, debido al corto periodo de tiempo en el estudio; se evaluaron mediante revisión de literatura.

Bosque Primario

Esta investigación contó con la información de 17 parcelas permanentes de muestro (PPM) establecidas en el año 2011 por el proyecto "Promoviendo el Manejo Integrado de Ecosistemas y de Recursos Naturales en Honduras" (ICF 2011). Las parcelas están ubicadas en diferentes sectores del área de La Reserva de Biosfera y Valle de Sico Paulaya (Figura 6).

representatividad y confianza de los datos. Cada área se tomó como una unidad de muestreo independiente, aplicando los mismos criterios de inventario para todas (FMV 2010).

Para la distribución de las parcelas se utilizó la fórmula que permite tener una mejor distribución y representatividad al momento de realizar el muestreo. Esta fórmula permite conocer la equidistancia entre líneas y parcelas de muestreo, la cual se desarrolla de la manera siguiente:

$$d = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{n}}$$

d = Distancia entre los puntos centrales (m)
 A = Superficie total del lote a inventariar en (m²)
 n = Número de unidades de muestreo

El resultado obtenido de la distancia entre los puntos centrales fue multiplicado por un factor de 1.5 para obtener una distancia mayor entre fajas de muestreo y dividido entre 1.5 para obtener una distancia menor entre unidades de muestreo buscando obtener un mayor rendimiento y menores costos. Estas parcelas fueron distribuidas sistemáticamente, considerando que es uno de los métodos de muestreo más simples y confiables (Fundación Madera Verde 2010). En las parcelas de 10 x 20 m (Figura 7), se midieron todos los árboles con diámetro mayor a 10 cm. Asimismo, dentro de la parcela de 10 x 20 m se instaló una parcela de 10 x 5 m en la que se midieron árboles con diámetros de 5 a 10 cm. Para medir los árboles con diámetro menor que 5 cm y altura mayor de 30 cm se estableció una parcela de 2 x 5 metros.

El área total para este inventario fue de 223.02 ha y se instalaron 498 parcelas, con una intensidad de muestreo de 4.41%. Los estratos que se muestrearon en el inventario fueron:

- (G1) Guamil bajo, menores o iguales a tres años de edad, de reciente crecimiento originados en los descombros para agricultura y por efectos de fenómenos naturales (Huracanes y tormentas tropicales).
- (G2) Guamiles medianos y altos, mayores a tres años de edad, también originados en descombros para agricultura abandonados para la recuperación de los suelos. Algunos tienen más de diez años y son los que presentan más existencias y mejores condiciones para el aprovechamiento de las especies en interés. (Pi) Áreas cubiertas de Pino, en combinación con encinos y nance.
- (P y C) Áreas con diferentes usos para la producción y sustento familiar como ser; pastizales, cultivos, etc.

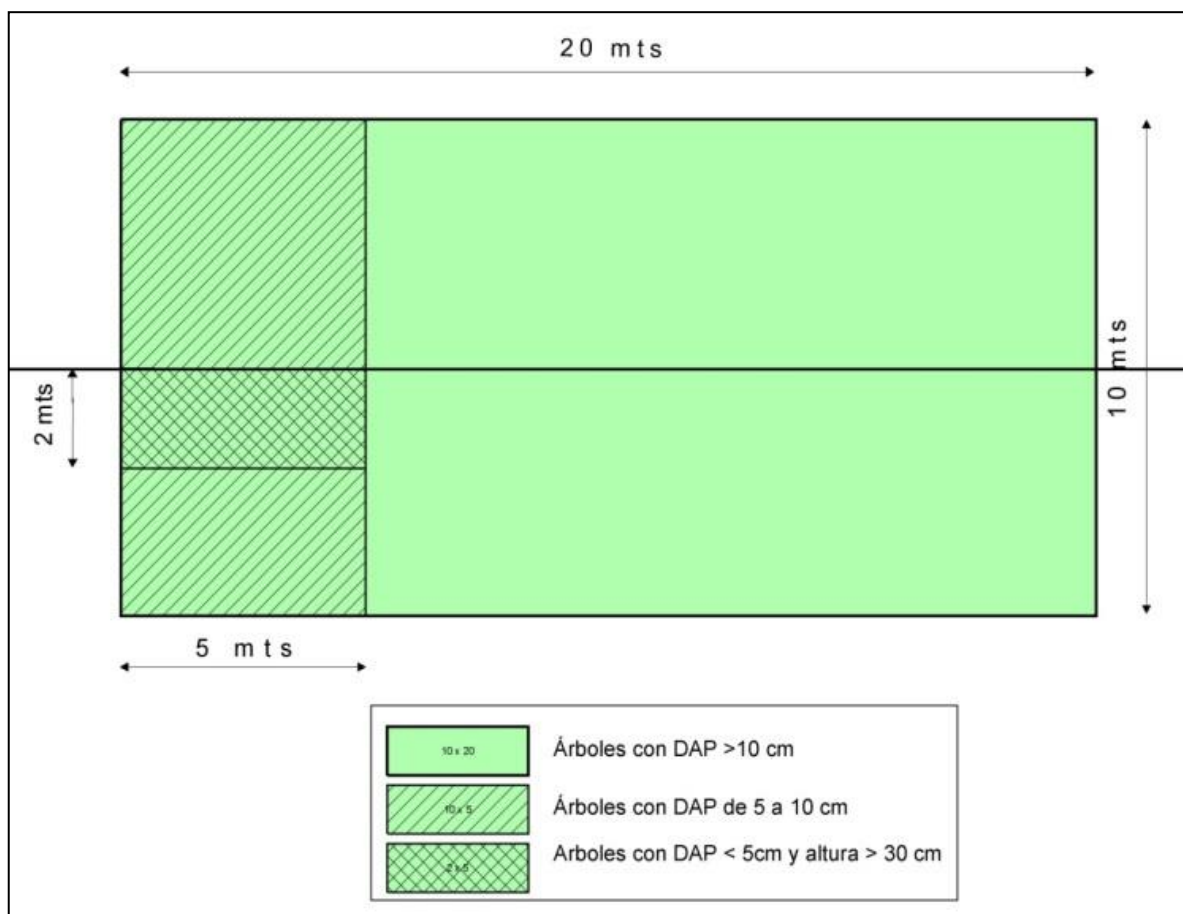


Figura 7. Tamaño de la parcela muestreada¹

Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación del carbono almacenado en El Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Río Plátano

Para realizar las estimaciones de biomasa fue necesario emplear ecuaciones alométricas. Para el bosque húmedo tropical primario se utilizó la fórmula de Chave (2005) y para el bosque secundario se utilizaron las fórmulas de Hugues (1999), por la similitud altitudinal y zona de vida entre los sitios donde se generó la información para la ecuación (Cuadro 3). La biomasa se multiplicó por 0,5 para conocer el contenido de carbono (IPCC 2006).

Cuadro 3. Ecuaciones alométricas utilizadas en el inventario para la estimación del carbono almacenado en El Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Río Plátano

Tipo de bosque	Condiciones	Ecuación	Fuente
Primario		$AGB_{est} = p \times \exp(-1.239 + 1.980 \ln(D) + 0.207 (\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3)$	Chave et al 2005
Secundario	Arboles > 10 cm	$=(\exp(-2.409 + 0.9522 \ln(D^2 H Sg)))CF/10^3$	Hugues et al 1999
	Arboles < 10 cm	$=(\exp(-4.9375 + 1.0583 \ln(D^2)))CF/10^6$	

¹ Fuente: Fundación Madera verde 2010

La Fundación Madera Verde elaboró, en la misma zona donde se realizó el inventario de bosque secundario, un levantamiento de datos para madera derribada. El área muestreada es de 223.02 ha. Se midieron 48 árboles muertos en pie y 56 derribados. Para cada árbol medido se anotó la especie, diámetro mayor y menor y estado del árbol (muerto en pie, derribado) (FMV 2010). Se realizó el cálculo del volumen del tronco de los árboles muertos derribados y en pie, mediante la fórmula de Smalian (Prodan et al. 1997). Los valores de volumen se convirtieron a biomasa utilizando los resultados para gravedad específica de la tabla de valores del IPCC (Zanne et al. 2009) y este resultado se multiplico por 0.5 para obtener el contenido de carbono (IPCC 2006). Para el resto de los sistemas evaluados se realizó una revisión bibliográfica para obtener el dato de cuánto carbono se almacena en ese uso.

4.1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área bajo estudio juega un papel muy importante en la captura y conservación de carbono ya que cuenta con una importante área cubierta de bosques primario y secundario que se encuentra en recuperación.

La formación vegetal con mayor cantidad de carbono almacenado total en el área de estudio con 168 tonC/ha, encontrados en seis diferentes ecosistemas de bosque primario (Cuadro 4). Encontramos que la biomasa aumenta conforme se incrementa la altura del bosque, como en el caso del ecosistema montano superior que acumuló 127.27 tonC/ha.

Cuadro 4. Valores de biomasa y carbono almacenado (tonC/ha) en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y zona de amortiguamiento de la reserva de Biosfera del Rio Plátano

Tipo de bosque/ Componentes	Carbono de árboles	Hojarasca	Madera muerta	Carbono total
Bosque primario	107.75 ¹	6 ²	55 ³	168.00
Bosque secundario	26.35 ⁴	1.7 ⁵	1.66 ⁶	29.71
Bosque de pino	30.89 ⁷	9.8 ⁸	2.7 ⁹	43.89
Sabana con árboles	6.7 – 19.8 ¹⁰	-	-	6.7 – 19.8
Agricultura	60 - 115 ¹¹	-	-	60-115

¹ Estimado en este estudio, Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon Interciencia. Caracas 17(1): 8-18.

² Alberto, M.; Elvir, J. 2008. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en bosques naturales en Honduras Forest Systems 17(1): 67-78.

³ Orrego y Del Valle 2001

⁴ estimado en este estudio, Chacón, P.; Leblanc, H.; Russo, R. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica Tierra Tropical 3(1): 1-11.

⁵ Aguilar-Arias *et al.* 2012

⁶ Estimado en este estudio

⁷ Alberto, M.; Elvir, J. 2008. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en bosques naturales en Honduras Forest Systems 17(1): 67-78.

⁸ Ibid.

⁹ Alberto y Elvir 2008

¹⁰ Rodríguez, J.; Pratt, L. 2012. Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Honduras.

¹¹ Manrique *et al.* 2012

En Honduras existen muy pocos estudios sobre el carbono almacenado en el bosque latifoliado, para poder hacer las comparaciones necesarias para reportar este estudio; esto se debe quizás a la falta de financiamiento para realizarlos. Sin embargo, (Brown 1998) indica que en los trópicos, el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 tonC/ha en bosques primarios, valores similares a los de este estudio (Cuadro 4). Rodríguez y colaboradores (2012), en un estudio realizado en Honduras, encontraron para el bosque latifoliado un valor de 110 tonC/h dato que se refiere a carbono sobre el suelo. Ibrahim y colaboradores (2013), encontraron en bosques latifoliados de Nicaragua 100.34 tonC/ha. Estos datos son muy cercanos a los reportados para México en un bosque húmedo tropical con una media total de 105 tonC/ha (Bautista et al. 2010) ; mientras tanto en bosques tropicales cerca de Manaus (Brasil), se determinó que el total de carbono almacenado en el componente sobre y bajo el suelo es de 300 tonC/ha, uno de los datos más altos reportados en América (Soares-Filho et al. 2004).

El carbono promedio total almacenado en el bosque secundario fue de 29.71 tonC/ha. (Brown 1998), menciona en sus estudios que los bosques secundarios contienen entre 25 y 190 tonC/ha. En otro estudio realizado en Costa Rica para bosques secundarios de diferentes edades en un gradiente bioclimático se encontró que los bosques secundarios en la zona de vida premontano húmedo del Atlántico almacenan 175 ton/ha con 30 años de abandono (Cifuentes-Jara 2008). El bosque del presente estudio se encuentra en el límite inferior del rango de estos estudios. Esto puede deberse a que las áreas en abandono estuvieron sometidas con mayor intensidad a usos como ganadería, en donde la recuperación se realiza de manera más lenta. Los resultados de este trabajo están basados en el análisis de sitios recientemente abandonados con vegetación secundaria de uno a cinco años de abandono y muy pocos lotes donde el abandono ha sido mayor a 5 años.

Estudios realizados en el Amazonas, determinaron que el promedio de acumulación de carbono arriba del suelo en sitios de 1 a 5 años de abandono fue de 4.4 tonC/ha/año. En la zona de estudio la cantidad de toneladas de carbono almacenado por hectárea para la madera derribada y los árboles muertos en pie es de 1.44 tonC/ha para 48 árboles muertos en pie y 0.22 ton C/ha, por lo que podría interpretarse que en este sitio existen pocos árboles muertos en pie y que los árboles derribados en su mayoría son árboles de pequeños diámetros. Hacemos la observación que en este sitio hubo un aprovechamiento de los árboles de mayores diámetros para construcción de casas antes de ser cambiado su uso.

La cantidad de madera muerta en un bosque depende de la tasa de producción y descomposición al interior de éste. Algunas estimaciones en bosques tropicales muestran resultados que van desde 0 hasta más de 60 tonC/ha (Chao et al. 2009). Estudios en Colombia reportan datos de 6.1 ton C/ ha en bosques primarios y 1.0 tonC/ha en bosques secundarios. Los datos obtenidos para bosques secundarios en este estudio para bosques

secundarios (1.66 tonC/ha) concuerdan con los de Orrego en evaluados en Colombia (Orrego y Del Valle 2001).

Otros usos de la tierra presentes en el área de estudio

Bosque de pino

Un estudio realizado por la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) en el año 2008 mostró que la acumulación de biomasa aérea es de 87,13 tonC/ha. El carbono acumulado en el bosque de pino alcanzó aproximadamente 43.89 tonC/ha (Elvir et al 2008). En este bosque el componente hojarasca almacena 9.8 tonC/ha, cifras que dan la certeza de la importancia que tiene el bosque de pino.

En el inventario nacional en Nicaragua el bosque de pino presentó una biomasa arriba del suelo de 10.82 tonC/ha (Williams 2011). Esta cantidad es inferior a la estimada en México, (Etchevers et al. 2001) donde el carbono almacenado en bosques de pino fue de 40.4 tonC/ha.

Agricultura de subsistencia

El contenido de carbono en los cultivos de subsistencia varía de acuerdo al tipo de residuos que se generen, entre 60 y 115 tonC/ha (FAO 2002). Valorando las ventajas de los cultivos agrícolas tradicionales, tienen una importancia por su valor cultural y abastecen a la familia campesina de alimentos y de otros productos. Estos cultivos pueden llegar a tener algún valor económico si se convierte en áreas agroforestales enriquecidos mediante la plantación de especies con valor comercial.

Existen amenazas a los sumideros de carbono si se cambian extensiones de bosque por cultivos agrícolas, convirtiendo las primeras en áreas con insignificantes niveles de captura de carbono y significativas fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. Este estudio muestra que los sistemas permanentes y con mayor crecimiento presentan los valores más altos de acumulación de carbono (bosque primario, bosque secundario y bosque de pino). El bosque primario contiene un promedio de 168 tonC/ha y el bosque de pino 43.89 tonC/ha. Estos valores se podrían reducir drásticamente si estos bosques se deforestan y queman para plantar cultivos anuales en las mismas áreas llegando a reducirse hasta 5 veces menos que el valor encontrado en este estudio. La situación contraria se da en los cultivos anuales que acumulan el carbono en el suelo y en los residuos que sobran de la cosecha, aunque no alcanzarán los niveles de fijación de ecosistemas forestales que reemplazaron. Una manera de aumentar la capacidad de absorción de carbono de los cultivos agrícolas es implementando técnicas agronómicas basadas en una adecuada selección y combinación de especies leñosas con los cultivos agrícolas tradicionales, una gestión óptima de los residuos orgánicos obtenidos en la producción y en prácticas de preparación del suelo apropiadas. Según Ibrahim y colaboradores (2013), los sistemas agroforestales bien diseñados y manejados, son tecnologías alternativas que aportan beneficios como el incremento a la producción generando al mismo tiempo beneficios ambientales.

Recuperar el estado inicial de las reservas del bosque primario podría tomar muchos años (hasta 200 años; Cifuentes Jara 2008), tal como se puede apreciar con el bosque secundario que como se encuentra en una etapa juvenil en diferentes estados de sucesión solamente tiene existencias de 21.79 tonC/ha. No se podrá observar una recuperación significativa de los niveles de captura de carbono si estos sistemas son continuamente perturbados o descremados, además de disminuir significativamente su biodiversidad.

Los sistemas agrícolas y la sabana con pino, presentan valores de 60 a 115 ton C/ha y 7 a 19 tonC /ha respectivamente. Estos muestran valores reducidos de almacenamiento de carbono en el sitio de estudio, lo cual nos demuestra que se deben combinar sistemas con especies leñosas para recuperarlas existencias de carbono en estas áreas. Los sistemas agroforestales pueden recuperar ambientalmente áreas perturbadas y tener un sistema productivo cíclico a corto y mediano plazo, con un adecuado y mejor manejo del uso del suelo (Ibrahim et al 2013).

4.1.6 CONCLUSIONES

En los 5 sistemas de uso evaluados, el total de carbono presentó mayores depósitos en los bosques primarios (168.00 tonC/ha) y de pino (43.89 tonC/ha). El bosque secundario y la agricultura de subsistencia fueron usos de la tierra que reportó menores valores. De los usos de la tierra evaluados, los cultivos agrícolas de subsistencia no están aportando al secuestro de carbono debido a que no existe ninguna cobertura en ellos, por lo que se recomienda incentivar a los productores a establecer sistemas agroforestales que aporten a los sumideros de carbono ya establecidos en el territorio.

Una opción para aumentar los stocks de carbono en áreas agrícolas es la combinación de especies leñosas con los cultivos anuales. Estas traerían beneficios ecológicos sostenibles para los agricultores de bajos recursos y el aumento del bienestar de la población que vive dentro y alrededor del bosque.

El nivel de fijación de carbono en los bosques secundarios es 5.5 veces más bajo que en el bosque primario y dos veces más bajo que el bosque de pino. Esto debido a que los bosques secundarios del estudio son jóvenes y están en sus primeras etapas de sucesión (1-5 años). Sin embargo, se fija más carbono en la biomasa arriba del suelo en este uso que en los sistemas de pastura y los cultivos agrícolas (60 -115 tonC/ha). Teniendo en cuenta esto y los beneficios ambientales de este uso es necesario apoyar la recuperación de áreas degradadas para favorecer la regeneración natural.

Honduras es un país vulnerable al cambio climático al igual que todos los países del istmo centroamericano. Cuenta con una cantidad de áreas protegidas declaradas que son de importancia ya que proveen bienes y servicios ambientales que contribuyen a minimizar esta vulnerabilidad. Conocer los stocks de carbono presentes en cada ecosistema de las áreas

protegidas de Honduras, apoyara las acciones que ya se están ejecutando en el país para reducir la vulnerabilidad y la mitigación al cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberto, M.; Elvir, J. 2008. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en bosques naturales en Honduras Forest Systems 17(1): 67-78.
- BAUTISTA, A.; HERNÁNDEZ C; TORRES;, J.; PÉREZ, J. 2010. Valoración económica del almacenamiento de carbono del bosque tropical del ejido Noh Bec, Quintana Roo, México Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9(1): 69-75.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon Interciencia. Caracas 17(1): 8-18.
- Brown, S. 1996. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. *In* Actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Arboles 1997. p. 13-22.
- Cifuentes-Jara, M. 2008. Aboveground biomass and ecosystem carbon pools in tropical secondary forests growing in six life zones of Costa Rica, ProQuest.
- Chao, K.-J.; Phillips, O.; Baker, T.; Peacock, J.; Lopez-Gonzalez, G.; Vásquez Martínez, R.; Monteagudo, A.; Torres-Lezama, A. 2009. After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia Biogeosciences Discussions 6(1): 1979-2006.
- Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M.; Chambers, J.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests Oecologia 145(1): 87-99.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, T.F., Tegucigalpa. 2003. Honduras frente al cambio climático Serie Centroamericana de Bosques y Cambio Climático (FAO).
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). 2007b. Los bosques y el cambio climático. Departamento forestal Boletín Informativo. Disponible en www.fao.org/forestry/climatechange/es.infofaospanishlosbosquesyelcambioclimatico.pdf
- FMV, (Fundación Madera Verde). 2010. Plan de manejo de bosque latifoliado de bosque secundario, comunidad Santa María del Carbon
- Hughes, R.F.; Kauffman, J.B.; Jaramillo, V.J. 1999. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico Ecology 80(6): 1892-1907.
- Holdridge, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida, Agroamerica.
- Hutchinson, Ian D. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba C.R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Informe Técnico CATIE.

- Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F.; Rojas, J. 2013. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.
- ICF, (Instituto de Conservación Forestal Areas Protegidas y Vida Silvestre). 2011a. Estimaciones de la deforestación en Honduras. Revista Científica. Disponible en www.icf.gob.hn
- IPCC, , INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006. Directrices del IPCC para los inventarios nacional de gases de efecto invernadero [En línea] IPCC (Geneve). Versión en español 4(4): 93p.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change, us). 2000. Land use,land use change and forestry articulo científico: 377.
- Mejia, T.; House, P. 2002. Mapa de Ecosistemas Vegetales de Honduras. Manual de Consulta Preparado por el Proyecto PAAR Tegucigalpa, MDC Honduras.
- Michaelowa, A.; Stronzik, M.; Eckermann, F.; Hunt, A. 2003. Transaction costs of the Kyoto
- Municipio De Iruya, C. 2010. Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque de Ordenamiento Territorial (PDM-OT2010) Iruya, Colón. Honduras, 149 p.
- Murphy, V.; Administración Forestal del Estado, T.C.H.d.D.F., Tegucigalpa . Depto. de Areas Protegidas y Vida Silvestre; Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal, T.K.-K.f.W., Tegucigalpa; CATIE, T.; Dirección General de Recursos Naturales Renovables, T.C.A.T.d.I.y.E., Turrialba .; WWF, W., DC. 2000. Plan de manejo: Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano Revista Forestal Centroamericana (CATIE). Mar-May.
- Orrego, S.A.; del Valle, J.I. 2001. Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia. *In* Valdivia: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 2001. p.
- Pardos, J. 2008. Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono Forest Systems 8(3): 93-99.
- Pratt, L.; Quijandría, G. 1997. Sector forestal en Honduras: análisis de sostenibilidad Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible, CLACDS. INCAE. Alajuela, Costa Rica.
- PROTEP, (Proyecto de Ordenamiento Territorial Comunal y Protección del Medio Ambiente en Río Plátano). 2010. Estudio Interpretación Multitemporal de Imágenes Satelitales para la Detección del Cambio del Uso del Suelo en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano (RHBRP) entre los Años 2006 y 2011. Consultado 21-05-13. Disponible en www.icf.gob.hn
- Prodan, M; Peters, FC; Real, P. 1997. Mensura forestal. San José, CR, GTZ e IICA. 586 p

- Soares-Filho, B.; Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira, G.; Diaz, V.; del Carmen, M.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém–Cuiabá corridor *Global Change Biology* 10(5): 745-764.
- Valdés Ramírez, M. 2012. ENSAYO EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL ESTADO SIMBIÓTICO DE LOS ÁRBOLES DEL BOSQUE *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(5).
- Williams, W.L. 2011. Sistematización de la Experiencias del inventario Nacional Forestal de Nicaragua 2007–2008 *Memoria de ponencias*: 122.
- Zambrano, A.; Franquis, F.; Infante, A. 2004. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales *Revista. Forestal. Latinoamericana* (35): 11-20.
- Zanne, A.; Lopez-Gonzalez, G.; Coomes, D.; Ilic, J.; Jansen, S.; Lewis, S.; Miller, R.; Swenson, N.; Wiemann, M.; Chave, J. 2009. Global wood density database *Dryad*. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad/235>.

4.2 ARTÍCULO 2. ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE TIERRA Y DESARROLLO DE LINEAMIENTOS PARA UNA ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN EL VALLE DE SICO PAULAYA Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DE LA RESERVA DE BIOSFERA DEL RIO PLÁTANO, HONDURAS

Amy Alicia Lazo Ulloa¹ Bernal Herrera² Miguel Cifuentes³ Lindsay Canet⁴

4.2.1 RESUMEN

El desarrollo de un territorio está subordinado al tipo de recursos naturales con que cuenta y cómo estos son utilizados, para lo que es necesario conocer las formas de aprovechamiento y las tendencias de ocupación del espacio. Se realizó un análisis del uso de la tierra y sus variaciones entre los años 2006 y 2011 en el Valle de Sico Paulaya y la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de Biosfera del Río Plátano, en la costa nor-oriental de Honduras. El bosque latifoliado fue el uso con mayor cobertura en el área de estudio, pero muestran una disminución de 1,015.51 ha (29.8%) hasta el 2011. Los análisis mostraron nuevas áreas (1,287.56 ha) agrícolas y ganaderas posiblemente destinadas a la subsistencia de las familias del sitio. A corto plazo estas áreas son abandonadas por no tener vocación agrícola, razón por la cual hubo un ligero aumento del uso matorrales (64.16 ha).

Una proyección de cambios en el uso del suelo del 2011 al 2030 en el área de estudio mostró que el bosque latifoliado perderá área frente al uso agropecuario (24,384.89 ha), pero mantendrá su superficie en un 70%. Por otro lado, el uso agropecuario (210.31 ha) pasará a formar parte del bosque de conífera y de matorral. Con una tasa de deforestación anual del 0.96% las emisiones totales del escenario base en el área de estudio son de 242,986.65 ton CO_{2e}. Hacia el trigésimo año de la simulación las emisiones aumentarán a 245,487.50 ton CO_{2e}. Basándose en las estimaciones realizadas y tomando como referencia el año base 2012, al trigésimo año de la simulación se acumularían 9.1 millones de ton CO_{2e} en el área de estudio, en un escenario positivo (conservación, reforestación, etc).

El estudio aportará información para la toma de decisiones por lo que sería importante contar con un plan de ordenamiento del territorio que permita regular los procesos de intervención mediante una coordinación interinstitucional que revierta la tendencia de cambios a que está sometida la cobertura de bosques y se apoye la recuperación de áreas forestales. PALABRAS CLAVES: Uso del suelo, Análisis de cambio de uso, plan de ordenamiento territorial

¹ Estudiante postulante al *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. alazo@catie.ac.cr

² Director de la Cátedra de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos "Kenton Miller" CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. Bernalhf@catie.ac.cr

³ Especialista en Mitigación al Cambio Climático; Programa Cambio Climático y Cuencas, Turrialba CATIE 7170, Costa Rica. mcifuentes@catie.ac.cr

⁴ Especialista en Corredores Biológicos y Áreas Protegidas. Catedra de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos "Kenton Miller", CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica. lc Janet@catie.ac.cr

4.2.2 ABSTRACT

The development of a territory is subject to the type of natural resources available and how they are used, so it is necessary to know the ways of utilization and trends of space occupation. In this study, an analysis of land use and its changes between 2006 and 2011 in the Valley of Sico Paulaya and the buffer zone of the Biosphere Reserve Rio Platano was held in the northeastern coast of Honduras. To study changes in the land use Idrisi Selva software was used and thus know the variations to which the territory has been subjected in the time period mentioned. Comparing coverage, this makes the use broadleaf forest was more coverage in the study area, but they show a decrease in 1015.51 ha (29.8%) to 2011. Analyses showed new areas (1287.56) agricultural and livestock possibly intended for family subsistence Site. In the short term these areas are abandoned because they have no agricultural potential, which is why there was a slight increase in the use of scrubs (64.16 ha).

A projection of changes in land use from 2011 to 2030 in the study area showed that broadleaf forest area lost against agricultural use (24384.89 ha), but will keep its surface by 70%. On the other hand, the agricultural use (210.31 ha) will become part of the conifer forest and scrub. The agricultural use (210.31 ha) will become part of the conifer forest and scrub. With an annual deforestation rate of 0.96%, total emissions of the baseline scenario in the study area are 242,986.65 tCO_{2e}. Towards the thirtieth year of the simulation emissions increase to 245,487.50 tCO_{2e}. Based on these estimates and with reference to the base year 2012, the thirtieth year of the simulation year would accumulate 30 million of 9.1 million tCO_{2e} , under a positive project scenario (conservation, reforestation, etc.) scenario.

The study provides information for decision-making and it would be important to have a land management plan for regulating processes through interagency coordination intervention to reverse the trend of changes is subject to forest cover and support recovery of forest areas.

Keywords: Land Use, Analysis of changes of use, Land use plan.

4.2.3 INTRODUCCIÓN

Planificar adecuadamente un territorio depende de una noción clara de los recursos que se encuentran dentro del mismo. Son necesarios estudios que faciliten información cuantitativa sobre la situación de los recursos naturales y sobre el uso a que están siendo sometidos. Esto permite conocer por qué se están dando los cambios y que el análisis del uso de la tierra proporcione información útil para la formulación de planes, programas y proyectos en las instituciones responsables de la ordenación y organización del territorio y el manejo de los recursos naturales (Briceño 2003).

Uno de los factores de mayor importancia en la planificación y ordenamiento de los diferentes usos en un territorio es contar con información confiable y a escalas relevantes sobre dinámicas de cambio de cobertura y uso de la tierra. La caracterización de los cambios

de uso es un proceso dinámico y requiere de mecanismos y metodologías apropiadas que de alguna manera permitan generar información consistente en el tiempo. Conocer los cambios a los que está sometido un territorio apoyará en la comprensión de los factores socioeconómicos, políticos o ecológicos y así tomar las medidas basadas en diferentes escenarios. De esta manera se tomarán decisiones claras sobre los recursos presentes y conservar áreas destinadas para esas tareas (Lambin 2001).

La deforestación y la degradación de los bosques son los problemas principales que afectan la región del Valle de Sico Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Rio Plátano. La tasa anual de deforestación para la zona de estudio es de 0.94%, una cantidad sensata considerando que la tasa anual de deforestación en todo el país es de aproximadamente 3%. Este estudio plantea un análisis de cambios a los que está sometido el territorio y una serie de lineamientos propuestos que permitirán a largo plazo definir estrategias de mitigación para la conservación de los recursos existentes, de una manera participativa, respondiendo a las necesidades del territorio.

El presente trabajo persigue los siguientes objetivos: (1) Evaluar el efecto de diversos escenarios de cambio de uso del suelo sobre las existencias futuras de carbono en el valle de Sico-Paulaya y la zona de amortiguamiento de la Biosfera del Rio Plátano y (2) diseñar lineamientos para una estrategia de reducción de las emisiones de carbono provenientes de los cambios de uso de la tierra en el valle de Sico Paulaya y la reserva de Biosfera del Rio Plátano. Este estudio pretende apoyar la conservación de la biodiversidad natural y cultural para cumplir con los objetivos de la Biosfera del Rio Plátano como patrimonio mundial del país y de la humanidad.

4.2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El área de estudio (105,152.62 ha) se ubica en el municipio de Iriona, departamento de Colón, Honduras. Es aquí donde se encuentra la reserva de Biosfera del Rio Plátano y el Valle de Sico Paulaya (denominado de aquí en adelante como El Valle, Figura 8). El área de estudio se extiende en dos diferentes regiones fisiográficas, presenta cinco categorías de cobertura/uso de la tierra de acuerdo con el mapa de uso del suelo elaborado por el Instituto de Conservación Forestal (ICF et al, 2011) y un intervalo altitudinal de los 200 a los 2,500 m.

El área se clasifica como zona de vida bosque húmedo y muy húmedo tropical (Holdridge 1982). La precipitación mínima y máxima anual es de 2,000 y 4,000 mm, respectivamente, ocurriendo la mayoría de las lluvias entre los meses de mayo y noviembre. La estación más seca ocurre entre los meses de febrero a abril, bajo la influencia de los vientos alisios del noreste. La temperatura anual promedio es de 23° C.

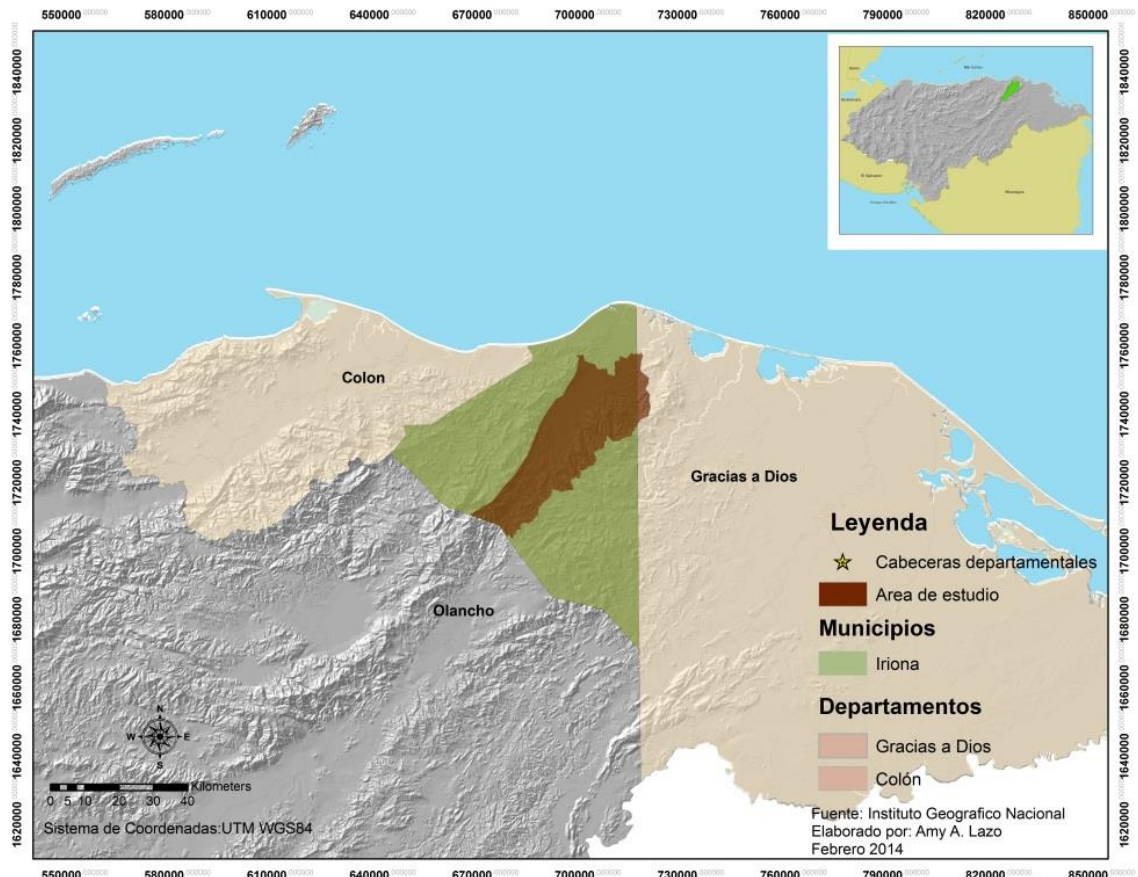


Figura 8. Área de estudio para el desarrollo de lineamientos como estrategia de reducción de emisiones de gases efecto invernadero por deforestación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano, en el departamento de Colón y Gracias a Dios

La región se caracteriza por su gran heterogeneidad ambiental, debido a su accidentada topografía, gradiente de humedad y contraste entre la zona de amortiguamiento de la Reserva y El Valle, en donde los paisajes son complejos y diversos, con relieves, climas y tipos de vegetación distintos. El contexto socioeconómico es también muy heterogéneo, debido a que las actividades (como el comercio de ganado, la minería, cultivos de subsistencia, elaboración de lácteos, entre otros) varían entre poblaciones. Esta zona ha experimentado una fuerte presión por el uso del suelo en los últimos años, como ha ocurrido en otras regiones del país. (ICF 2011).

El área de estudio cuenta con importantes recursos forestales constituidos principalmente por bosque de coníferas, bosque latifoliado y sabana con árboles. La importancia de estos recursos no se basa solamente en la producción de materias primas y bienes económicos, sino en el papel que desempeñan para la conservación de los stocks de carbono y la vida silvestre. Estos bosques cobrarían una mayor importancia si se valoraran sus funciones de protección, reguladoras y productivas ya que el proceso de deforestación ha

traído como consecuencia degradación de los suelos, pérdida de biodiversidad, sedimentación y disminución en los caudales de los ríos (PROTEP 2010).

La estructura social dentro de las zonas de estudio está constituida básicamente por grupos bien diferenciados: los mestizos y los indígenas misquitos, quienes aún mantienen sus costumbres ancestrales. Los cultivos de subsistencia producen suficiente alimento para sostener a las familias de la zona a través de su actividad diaria normal. Actividades comerciales como la ganadería, el café y el cacao son partes importantes en los sistemas productivos establecidos en fincas familiares. El deseo de mejorar sus condiciones económicas, las prácticas agropecuarias, la constante inmigración de nuevos colonos y los altos índices de natalidad han provocado una reducción en los bosques, ya que las tierras aptas para la agricultura están siendo convertidas a pastos (ICF 2011).

Los resultados del Análisis multitemporal (ICF 2011), muestran que las áreas de bosque en el área de la reserva y el valle se redujeron considerablemente en un período de 5 años. Los cálculos muestran que se perdieron 39,763.17 ha de cobertura de bosque en el periodo. Esto denota una tasa anual de deforestación de 7,952.63 ha/año, aproximadamente un 0.96%.

Aspectos metodológicos para el análisis de cambio de uso de la tierra

La metodología empleada para el análisis de uso y cambio de la tierra constó de cuatro etapas: A) obtención de imágenes de coberturas de uso del suelo para 2006 y 2011, B) evaluación de cambios de uso del suelo, C) modelación del uso del suelo para el año 2030 y D) Estimación de las emisiones generadas por deforestación.

Se utilizó información de imágenes Landsat. El tamaño del pixel es de 10 metros y una resolución de 30 metros.(Protep 2010). Las coberturas para ambas fechas (2006 y 2011) fueron generadas en la proyección UTM con Datum WGS84. Para este estudio no fue necesario corregir geoméricamente las imágenes ya que estaban ortorectificadas al momento de la adquisición por el Proyecto de Ordenamiento Territorial Comunal y Protección del Medio Ambiente en Río Plátano (Protep 2010). El sistema de clasificación utilizado se ajustó, en lo posible, al sistema de clasificación internacional de la vegetación de la UNESCO (Fao-Unesco 1990) y a los mapas de uso existentes en el país. Se identificaron cinco categorías de uso de la tierra en la zona de estudio: bosque latifoliado, bosque de coníferas, bosque secundario/matorral, sabana con árboles y agropecuario.

La modelación del cambio de uso para el 2030 se realizó en el programa Idrisi Selva utilizando la función MARKOV. Se evaluó hasta este periodo para tener una perspectiva más clara de los posibles cambios y tomar las decisiones al respecto. Se hizo un análisis comparativo de los cambios en el uso del suelo para los años 2006 - 2011, que permitió obtener el aumento o la reducción de hectáreas de cada uso en el periodo evaluado. Asimismo, se realizó un análisis del cambio de uso entre los años 2006 y 2011. Se sobrepusieron los mapas de 2006 y 2011 para generar una matriz de cambio que muestra la

superficie de cada tipo de transición durante el periodo observado (Figura 9) (20 años en este caso).

Se utilizaron cadenas de Markov ante otra función porque la técnica integra la modelización temporal (basándose en una serie cronológica de usos del suelo) y la lógica basada en la evaluación multicriterio y multiobjetivo (relacionando las categorías de usos del suelo y un conjunto de variables explicativas de diversa naturaleza que pueden describir su dinámica). Se complementó el análisis multitemporal con el análisis multivariable para obtener una modelización más ajustada a la dinámica real de los paisajes (Paegelow et al. 2003).

La matriz de probabilidad (matriz de Markov) resultante indica la probabilidad de ocurrencia de cada transición durante un año dado (año 1) y permite realizar proyecciones sobre una base anual (Soares et al. 2002). La proyección del uso del suelo mediante cadenas de Markov parte del supuesto que la dinámica de los elementos espaciales (frecuentemente pixeles que representan cierta superficie de tierra) resulta del estado actual del elemento, más un factor de proximidad aportado por el estado de sus vecinos inmediatos (pixeles que representan superficie de tierra adyacente) (Briceño 2006).

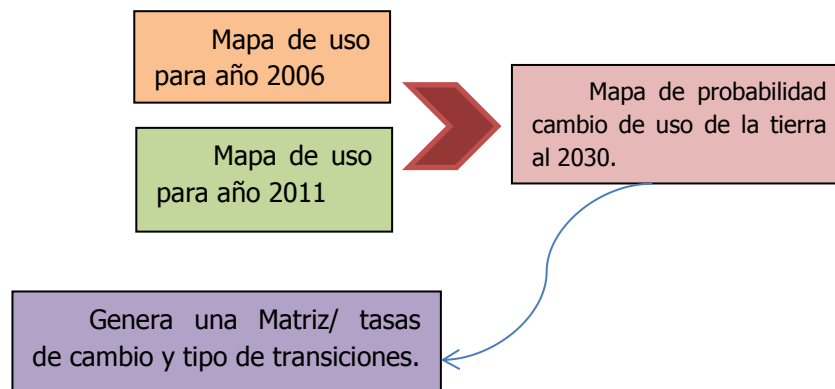


Figura 9. Diagrama de pasos para elaborar el mapa tendencial para el análisis de uso de la tierra del Valle de Sico Paulaya y la Biosfera del Rio Plátano

El estudio contempla el análisis de los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) generados por prácticas de manejo de la vegetación en el sector LULUCF. El sector agrícola contempla las emisiones de CH₄ y N₂O por el uso de fertilizantes, quema y descomposición de rastrojos. El cálculo de los flujos de GEI se realizó usando Idrisi Selva, mediante el módulo REDD+ integrado dentro del programa.

Expectativas de remoción de CO₂ bajo escenarios de proyecto ***El escenario de referencia***

Con base en la información que se recolectó en el estudio, y un supuesto de aumento de la población local, se estableció la hipótesis que la población irá sustituyendo el uso de la tierra forestal por usos agrícolas. Es importante mencionar dos aspectos del escenario base. En primer lugar, se asumen condiciones constantes en cuanto a tecnología y mercado. En

segundo lugar, la deforestación que se ha predicho en el escenario base es altamente sensible a la tasa de crecimiento de la población. Una tasa de crecimiento mayor provocará un aumento más grande en el número de personas que viven en el área, lo que resultaría en más hectáreas deforestadas y una tasa equivalente anual de deforestación más alta.

El escenario de conservación y manejo forestal

Bajo el escenario con proyecto, la deforestación disminuye gradualmente en un 60% al finalizar las actividades de conservación y manejo forestal en todo el territorio. Los pagos de carbono relacionados con la reducción de emisiones durante la vida del proyecto se agregan a la estructura de ingresos de la comunidad. La deforestación ha disminuido en el área, porque se han establecido sistemas silvopastoriles, agroforestales, aprovechamiento sostenible del bosque y otras actividades productivas. Adicional a esto la comunidad podría recibir pagos de carbono por la conservación de algunas áreas de bosque en el territorio. La tala asociada con el crecimiento de la población para producir alimentos y mantener el ingreso de la población se reduciría. Para cambiar el uso de la tierra a cualquiera de los sistemas que sean viable en la fijación de carbono, se necesitarían pagos altos (por encima de los 9\$) por estos servicios, pues los sistemas que ellos emplean son menos costosos (alrededor de 7 \$).

El manejo del bosque se implementaría bajo esquemas de certificación forestal para realizar un aprovechamiento sostenible de bajo impacto en un 20% del territorio. Se implementarán prácticas de conservación del bosque como declaratoria de áreas productoras de agua (20%), establecimiento de corredores biológicos (30%) y reforzarán iniciativas para el establecimiento de áreas de conservación en áreas privadas (30%). En vista de que los pagos de carbono relacionados con las reducciones de emisiones incrementan el ingreso generado a partir del bosque, la conservación se vuelve una actividad relevante.

Escenario con establecimiento de sistemas agroforestales y tecnología

Con el proyecto se introducen cambios en la tecnología de producción agropecuaria. Los beneficios directos de producción se han determinado para diferentes modelos de finca, donde las prácticas de conservación de suelos y nuevas prácticas tecnológicas mejorarán la productividad en 40%. En fincas familiares, donde la introducción de prácticas agroforestales diversifica la producción y utiliza productos de mayor rendimiento, mejora de la calidad y productividad del ganado bovino y existe mayor producción por el establecimiento de cercas vivas en áreas de pastoreo. Las mayores remociones se podrían lograr a través de la implementación de 500 ha de sistemas silvopastoriles en áreas de pasto natural. Esto representaría que al final del proyecto existan emisiones evitadas en 40%.

Análisis participativo sobre la deforestación y el cambio de uso de la tierra

Con la finalidad de recopilar información que apoyara la comprensión sobre los cambios de uso de la tierra que se están generando en el área de estudio, se realizó un taller con la participación activa de las comunidades que se encuentran dentro de la zona de estudio (Figura 10). Se realizó el taller con estos actores porque actualmente están trabajando en la

conservación del recurso forestal y la ley forestal les establece un rol primordial en el manejo de los recursos y en el combate a la tala ilegal.

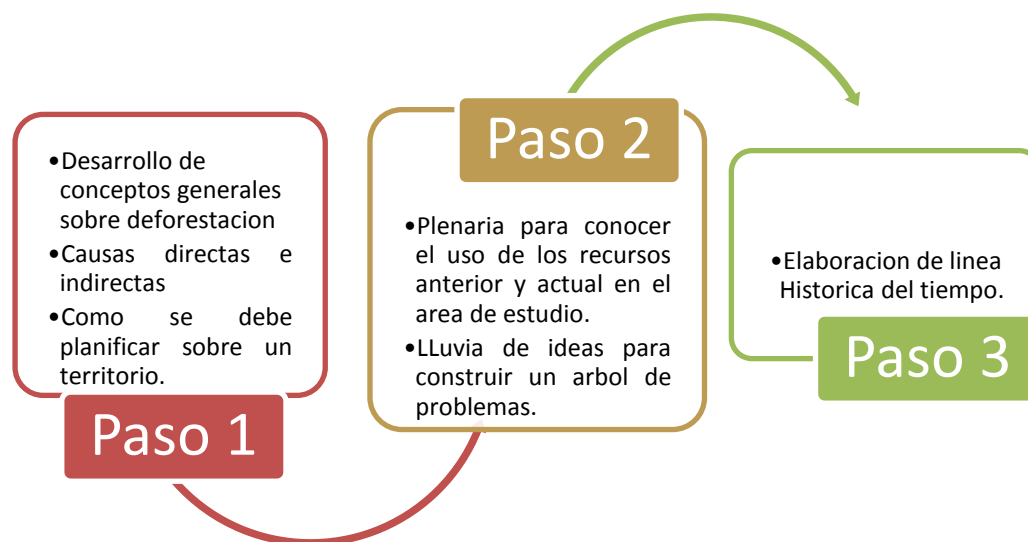


Figura 10. Diagrama metodológico del taller "marco conceptual y línea histórica del uso de la tierra en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano"

El objetivo primordial del taller fue elaborar una línea del tiempo sobre el cambio de uso de la tierra (si han sufrido cambios drásticos en mediano y corto tiempo), cuáles son sus causas y los efectos. La información recolectada permitió proponer alternativas de solución conjunta con las comunidades.

Al iniciar el taller se explicaron los conceptos sobre deforestación, degradación, causas directas de la deforestación. Luego se abordó la importancia de planificar a corto y largo plazo, con el fin de realizar una serie de pasos ordenados que lleven a lograr eficazmente los objetivos que se plantean en el manejo de los recursos naturales de las comunidades. Se organizaron grupos de trabajo con los participantes, de acuerdo a las comunidades que estaban dentro del Valle y dentro de la Reserva. Se llevó a cabo una lluvia de ideas para unificar criterios y construir un árbol de problemas con sus respectivas soluciones. Posteriormente se realizó un debate en plenaria para compartir resultados sobre el porqué de los cambios de uso de la tierra en la zona de estudio y las propuestas a esta problemática. De esta forma se generaron los lineamientos para la estrategia de reducción de emisiones de CO₂ en el área.

Asimismo, se realizaron entrevistas con actores institucionales que tienen una incidencia en el manejo de los recursos, con el objetivo de complementar la información obtenida en el taller. Entre los actores claves se entrevistó a representantes de las instituciones relacionadas al manejo de los recursos naturales, representantes del gobierno y fundaciones relacionadas a la conservación que se encuentran en la zona de estudio. Se realizaron preguntas semi-estructuradas para conocer la opinión sobre los factores que han influenciado e influncian el

cambio de uso de la tierra y cuáles serían las medidas que podrían favorecer un mejor uso del territorio sin afectar sus recursos naturales.

Los resultados obtenidos en los talleres y las entrevistas sirvieron de información base para realizar los lineamientos propuestos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la deforestación y fortalecer los sumideros de carbono en el territorio. En esta etapa se realizó el análisis del impacto sobre el ecosistema y las comunidades que causa la deforestación en la zona de estudio, mediante la participación activa de los asistentes partiendo de aspectos históricos sobre el escenario natural antes de una fuerte intervención de la población hasta la actualidad, esto con el objetivo de realizar los lineamientos estratégicos para reducir la deforestación en el área de estudio.

4.2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de cambios de uso de la tierra entre el año 2006 y 2011

En 2006 las áreas agrícolas cubrían el 19% de la superficie del área de estudio (20,974.75 ha), los bosques el 79% (83,784.17 ha), y el resto de los usos (bosque de pino, sabanas y matorral) correspondían a un 2% (

Cuadro 5). Para el año 2011, la superficie de zonas agrícolas se redujo en un 2% (19,687.19 ha), las superficies boscosas de latifoliado y coníferas se redujeron un 3 y 6% (82,768.66 ha y 155.94) respectivamente, siendo la categoría con la mayor pérdida en ese lapso.

Al comparar las coberturas del año 2006 y 2011, se determinó que el bosque latifoliado representa la mayor superficie en el área de estudio. Sin embargo, se registró una pérdida de 1,015 ha (29.8%) durante ese período. Esta situación es típica del establecimiento de nuevas áreas agrícolas o de pasto que posteriormente se abandonan por no tener vocación agrícola. Estas áreas abandonadas se convierten en matorrales, lo que trae como consecuencia positiva la recuperación de áreas de bosque. El análisis muestra evidencias que demuestran estos cambios positivos, en donde el matorral obtuvo una ganancia de 64.16 ha de ganancia en el periodo evaluado y el uso agropecuario tuvo una pérdida de 1,287.56 ha.

La sabana con árboles aumentó de sólo 7.92 ha en 2006 a 2,475.36 ha en 2011. Esto podría ser resultado de la rápida conversión del bosque de pino a bosques de menor densidad que eventualmente en se convierten en sabanas con árboles de pino poco densas (densidad menor del 30%) en áreas planas.

Cuadro 5. Dinámica de cambio de uso de la tierra, en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano

	Uso	2006 (Ha)	2011 (Ha)	Pérdidas (ha)	Ganancias (ha)
1	Bosque latifoliado primario	83,784.17	82,768.66	-1,015.51	
2	Bosque Secundario/matorral	1.33	65.49		64.16
3	Bosque de Pino	384.51	155.92	- 228.59	

	Uso	2006 (Ha)	2011 (Ha)	Pérdidas (ha)	Ganancias (ha)
4	Agropecuario	20,974.75	19,687.19	-1,287.56	
5	Sabana con arboles	7.92	2,475.36		2,467.44
	TOTAL	105,152.62	105,152.62		

De continuar las mismas condiciones que se dieron en el periodo analizado, existirá una predisposición de cambios hacia sabana con árboles que posteriormente podrían ser convertidas a pastizales con una tasa de cambio del 29.8% anual. En el análisis multitemporal del proyecto de ordenamiento territorial comunal y protección del medio ambiente en Río Plátano (PROTEP 2010), que realiza actividades de ordenamiento territorial en la Biosfera del Río Plátano; se encontraron resultados registrados en el mismo periodo de tiempo que del presente estudio.

En ese estudio el bosque latifoliado que cubre la mayor parte de la superficie de los municipios aledaños al sitio de estudio, perdieron el 11.3% de su superficie, (82,014 ha) que representan una pérdida de 16,402.87 ha/año. El estudio de PROTEP (2010) muestra que alrededor de 3% de la superficie que fue ganado por el uso agropecuario que subió del 9.9% al 12.6%. El bosque de Pino se redujo en al menos un 2%. En todo el estudio hubo una pérdida de la cobertura del 11.3% de la superficie, unas 82,014 ha que hacen una pérdida de 16,402.87 has/año. La tasa de deforestación para el estudio de PROTEP 2010 fue de 2.27%, más del doble de la encontrada en el presente estudio que fue de 0.96%. Para explicar estos cambios es importante mencionar que existen algunos factores económicos, sociales y políticos como las fluctuaciones del mercado para los productos derivados del ganado, aumentando así las áreas de pasto, los productos provenientes del bosque en donde por periodos aumenta el precio de la madera, incentivos a la producción de palma africana en donde se cambia el uso del bosque por este cultivo y la apertura de nuevas vías de acceso para transporte de productos ilegales.

Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero generadas por la deforestación

Con una tasa de deforestación anual del 0.96%, las emisiones totales en el año 2012 en el área de estudio fueron de 242,986.65 ton CO₂. Hacia el trigésimo año de la simulación, se estima que las emisiones aumentarán a 245,487.50 ton CO₂. De acuerdo con las estimaciones realizadas y tomado como referencia el año base 2012, se calcula que para el trigésimo año se acumularán 9.1 millones de ton CO₂ en el territorio, en un escenario positivo (aplicando la legislación, reforestando, conservando). Por el contrario, en un escenario negativo (ampliación de la frontera agrícola, deforestación, urbanización) se estima una emisión de 13 millones ton CO₂ a la atmosfera. En el escenario actual, la deforestación sigue ocurriendo, por lo tanto, hay una disminución constante en la biomasa y un aumento en las emisiones correspondientes de carbono.

Si existiese en el territorio algún proyecto de secuestro de CO₂, la reducción de emisiones sería de 422,585.50 ton CO₂. Tanto el escenario actual como un escenario de

producción y conservación, permitirían todas las actividades que producen ingresos, inclusive el nivel actual de actividades agrícolas y uso de la tierra y la cosecha certificada de madera. Las reducciones de emisiones que se obtienen corresponden, de este modo, a aquellas que se deben a la prevención de la deforestación antropogénica.

El cinturón de fugas se encuentra ubicado contiguo al área de estudio. Dentro del cinturón de fugas se encuentran situados los principales agentes de deforestación, como vías de acceso, centros poblados, mercados, tipos y uso de tierras, etc. Las tres principales amenazas son: los incendios que provoquen el cambio de uso de la tierra de bosque a actividades no forestales, la tala ilegal del bosque, la invasión de tierras y deforestación por parte de los inmigrantes a la zona. Aparte de la deforestación causada por la población circundante, las demás amenazas se están controlando por medio de medidas que la mesa de ambiente y desarrollo ha puesto en práctica desde el año 2012, para proteger la biodiversidad, como la implementación de un plan de ordenamiento territorial, que define las nuevas vías de acceso y establece cuales son las áreas de cultivos de palma africana. Otra medida ha sido el establecimiento del territorio dentro del marco de bosques modelos, esto ha traído como beneficios la reducción de las áreas de pasto y agrícolas (64 has) en el área de estudio

Proyección de los cambios en el uso al 2030

La proyección de cambios en el uso del suelo del 2011 al 2030 muestra un aumento en la dinámica del uso de la tierra. El bosque latifoliado perderá superficie ante el agropecuario (24,384.89 ha), pero mantendrá su superficie en un 70%. Por otro lado, 210.10 ha de uso agropecuario pasarán a ser bosque de conífera y 2,818.09 ha pasarán a ser matorral en el 2030 a partir del uso agropecuario. La sabana con árboles cederá terreno al uso agropecuario (27,000 ha).

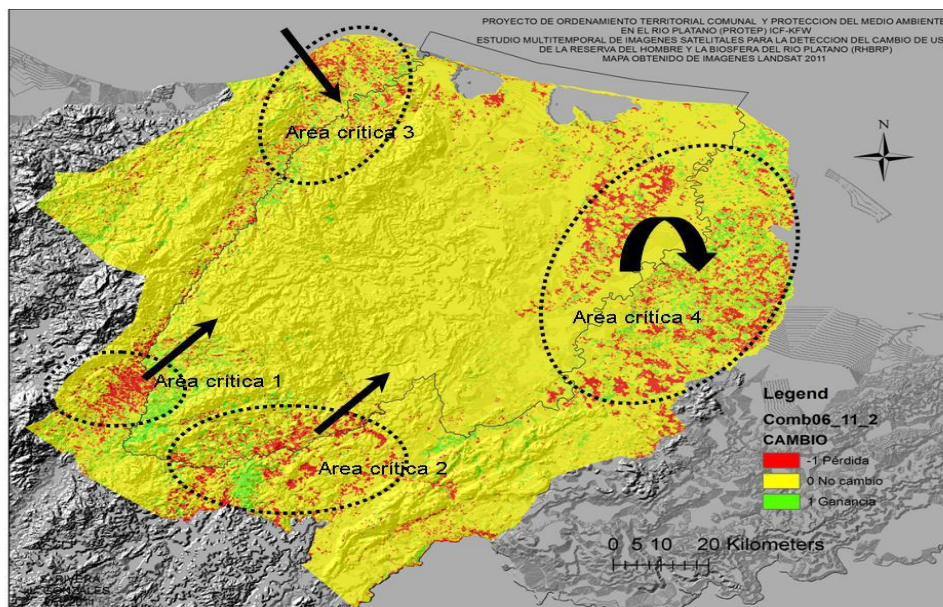


Figura 11. Áreas críticas que muestran el avance de la deforestación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano

Los resultados de (PROTEP 2010) muestran que anualmente hay una reducción de casi 1,000 ha del uso agropecuario. El bosque latifoliado también se reduce, en casi 3 mil ha anualmente, tomando en cuenta los factores de presión como expansión de la frontera agrícola, cambios de políticas entre otras. En la Figura 11, se muestran las áreas críticas de deforestación identificadas por (Protep 2010). Estas áreas han sido definidas como aquellas que presentan deforestación vectorial ("deforestación en frontera") con avance hacia diferentes sitios de la reserva, que es lo que ocurre en las áreas críticas 1, 2 y 3. También se definió la deforestación puntual o localizada ("deforestación en mosaico"), la que sucede en un sitio determinado, que es lo que se puede observar en el área crítica 4 (PROTEP 2010).

La deforestación en general, se ubica en puntos específicos del territorio (Figura 11). Es decir, de la deforestación ocurre principalmente en la parte sur del área y en la parte noroeste. También se puede ver un avance de la deforestación de las áreas con poca pendiente hacia las partes altas. Posiblemente esta distribución atienda a otras variables, tales como pendiente o posiblemente tenencia del suelo, presión poblacional o cercanía de la red vial o accesibilidad.

En la matriz de Markov correspondiente al período 2011 – 2030 (

Cuadro 6), las categorías que tienen mayor probabilidad de permanecer en el tiempo son, en orden descendente: bosque latifoliado (0.73), sabana con árboles (0.32) y agropecuario (0.25). La clase bosque latifoliado presenta una alta probabilidad de permanecer en el tiempo; sin embargo, pueden existir algún tipo de amenazas que cambien estas probabilidades. A pesar que existen amenazas al recurso bosque este aún se mantendrá en el tiempo y una hipótesis a este comportamiento es que la zona de amortiguamiento de La Reserva soporta toda la deforestación que se genera en el área, en cambio la zona núcleo se mantiene intocable.

Otra hipótesis podría ser y de acuerdo al mapa de uso forestal que existen los bosques se encuentran en zonas con alta pendiente en donde se dificulta realizar actividades agrícolas, es por eso que los pobladores tienen preferencia por áreas con menos pendiente. Y por último en el territorio existe solamente una vía de acceso por lo que los centros de población están ubicados a lo largo de esta y es allí donde se están dando los puntos de deforestación.

La clase de sabana con árboles tiene una probabilidad alta de permanecer de un tiempo a otro, en parte por ser la clase con una representación media en toda la zona de estudio en 2011 La clase que tuvo una menor probabilidad de permanecer en el mismo tipo de cobertura-uso, son los matorrales. Esta unidad se comporta de una forma más dinámica, por ser una clase que funciona como "fuente" de superficie de transición.

Cuadro 6. Matriz de probabilidad de cambios entre los usos de la tierra al año 2030, en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva del río Plátano

	Agropecuario	Bosque Pino	Bosque Latifoliado	Matorral	Sabana con árboles
Agropecuario	0.2573	0.0020	0.0000	0.7118	0.0283
Bosque pino	0.2564	0.0018	0.0000	0.0000	0.0268
Bosque latifoliado	0.2319	0.0000	0.7389	0.0007	0.0000
Matorral	0.3793	0.0028	0.5825	0.0006	0.0348
Sabana con árboles	0.3214	0.0024	0.0000	0.0000	0.0296

Es necesario tener en cuenta la posible influencia de diversos factores en los posibles cambios proyectados. Por ejemplo, aperturas de carreteras, creación de nuevos poblados, establecimientos de monocultivos como palma africana, que podrían redundar en una mayor presión sobre los bosques en el área de estudio y así aumentar el cambio de uso de bosque a otros usos (Lambin *et al.* 2003). La apertura de carreteras en el territorio es un factor determinante en la dinámica de la deforestación porque su construcción abren nuevas rutas de acceso al área, facilita la colonización y la extracción de productos del bosque.

Análisis de las causas y fuentes de deforestación con los participantes del taller

Según la línea histórica de tiempo que se elaboró en el taller participativo, la dinámica demográfica juega un papel importante en la conformación del territorio de estudio. Los procesos migratorios inician antes de la creación de La Reserva en el año de 1980, incluye más de 40 asentamiento entre pueblos, aldeas y caseríos con 17,000 habitantes entre la población de El Valle y La Reserva. La población de los ladinos creció de aproximadamente 7,000 habitantes en el año de 1990, a 21,000 en el año de 2012, en gran medida por la inmigración, pero también por su propio crecimiento interno que probablemente es alrededor de 3.0%, similar que la tasa nacional. La población indígena residente tiene una tasa de crecimiento alta, estimada en 3.7%. Con la ampliación, inmigración y crecimiento de la población, la Reserva, que al momento de su creación era dominada por pueblos indígenas, ahora tiene una población similar entre ladinos e indígenas.

Los pobladores comentaron que una de las principales causas subyacentes de los cambios en el uso de la tierra es la ganadería y los cultivos de subsistencia que se están dando con mucha frecuencia en la zona. Esto se debe a que existe una fuerte política de país para que el Valle de Sico sea una zona de producción agrícola y ganadera. La ganadería es la principal actividad económica del Valle y La Reserva, y según los pobladores su impacto está generando el deterioro de los recursos naturales y ha creado una presión fuerte sobre las áreas boscosas. El tipo de ganadería que se está desarrollando es del tipo tradicional extensiva (85%), basada principalmente en el uso del pasto en potrero, con un nivel tecnológico bajo y por lo consiguiente con índices de producción y productividad reducidos.

El crecimiento ganadero de la región fue favorecido, principalmente, por las condiciones adecuadas en que una transnacional dejó las tierras (plantaciones de banano) para un ligero establecimiento de los pastizales; en segundo lugar, los tipos de suelo y clima garantizan un buen desarrollo del pasto y en tercer lugar, no en menor importancia, los pobladores originales provienen de los departamentos del interior del país con tradición ganadera.

Actualmente, en Honduras se implementa un programa de registro y delimitación de derechos de uso sobre las tierras, a fin de legalizar el acceso a las tierras agrícolas, esto trae como consecuencia el cambio de uso de bosque a terrenos agrícolas. Por otra parte, el Instituto de Conservación Forestal está promoviendo la política en la que otorga derechos de uso del bosque a quien presente un plan de manejo forestal sustentable. Estas ambigüedades traen como consecuencia un desconcierto en la población y un aumento en la deforestación.

La percepción de los participantes al taller sobre la problemática forestal quedó plasmada en dos mapas y un árbol de problemas (ver anexo 2). Este último se conformó con lo expresado en el taller de acuerdo al tipo de actividad que los participantes realizan, así como otro tipo de insumos sociales que apoyaron en la investigación, como población presente en la zona, costumbres, medios de vida, etc. Esta información se organizó y generó resultados sobre la problemática de los recursos naturales en el Valle y La Reserva, para posteriormente realizar los lineamientos para la reducción de emisiones de los gases de efectos invernaderos en la zona.

El análisis participativo de la deforestación mostró una evolución histórica de rutas o frentes de colonización en la zona del Valle y la Reserva. La colonización muestra un avance en las áreas urbanas debido a una nueva carretera que se construyó desde la costa norte hacia El Valle y La Reserva. Otra de las causantes identificadas de la deforestación es la extracción de madera ilegal y selectiva de especies forestales de alto valor, como son el cedro (*Cedrela odorata*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*). Estas especies son las más amenazadas por la extracción ilegal y sin control de las autoridades.

El análisis de los encuestados utiliza el recurso bosque como centro de la discusión y muestra que la falta de aplicación de políticas públicas es una de las principales causas de la degradación y deforestación del bosque. Una propuesta de solución que se visualiza en esta fase es la adecuada implementación de políticas, programas e instrumentos que aseguren la sostenibilidad de los recursos, pero que al mismo tiempo, prevengan riesgos y maximicen los beneficios en torno al bosque. En esta acción se debe considerar la inclusión de la pertinencia cultural de la zona, la participación y el fortalecimiento del acceso de las comunidades al bosque.

Los entrevistados concuerdan en el tema que las estrategias nacionales (Estrategia contra la Tala Ilegal, estrategia de cambio climático), las que han sido elaboradas y acordadas con instituciones involucradas en ese ámbito, aunque tienen muchos retrasos en su ejecución por problemas financieros y de coordinación. Los entrevistados proponen la

región como un área piloto REDD+, que en un futuro podría ofrecer incentivos económicos hacia los bosques naturales por deforestación evitada. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio esta propuesta sería viable si se tomaran en cuenta los valores generados por la conservación de los *stocks* de carbono almacenado, comparándola con la suma equivalente a los ingresos generados en un sistema productivo (ganaderos, agrícolas) y los beneficios ambientales que se obtengan como belleza escénica, producción hídrica, biodiversidad, entre otros.

Promover el uso de sistemas de producción agroforestales en el área, es otra de las actividades propuestas por los entrevistados, en donde actualmente existen monocultivos o de subsistencia. Esto ayudaría a continuar con la producción de alimentos, fomentando el uso de las áreas pero no en el establecimiento de monocultivos, sino darle continuidad a la producción mediante la utilización del bosque, como unidades de desarrollo agrícola que permitan continuar la producción de alimentos sin fomentar la deforestación y el agotamiento de los recursos naturales. Además la producción bajo los sistemas agroforestales permite que se mantengan condiciones ecológicas estables que mejoran la productividad de los cultivos allí establecidos.

4.2.6 Lineamientos propuestos

Esta sección se ha desarrollado sobre la base de la información en los talleres, entrevistas estructuradas e información adicional, generadas en planes de acción territorial, plan de manejo de la Reserva de Biosfera, entre otros. Con esto se busca formular una propuesta inicial de estrategia de mitigación en la región de estudio e incluye además las principales líneas de acción que podrían incluirse en una estrategia futura. En este sentido, un esfuerzo de mitigación local apoyaría la política nacional de combate al cambio climático.

Objetivos estratégicos

A) Limitar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la deforestación y fortalecer los sumideros de carbono en El Valle de Sico Paulaya y La Reserva de Biosfera del Río Plátano en un 40%.

Honduras, en su segunda Comunicación Nacional, establece que el sector cambio y uso de la tierra es el mayor contribuyente a la generación de GEI (40% del aporte nacional). Es indispensable que se tomen medidas para limitar las emisiones, como los pagos por servicios ambientales, establecer áreas de bosque bajo concesiones, recuperación de áreas degradadas, etc. y así contribuir al compromiso global de enfrentar este problema. En este contexto, el Objetivo Estratégico 1, propone la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, como mecanismo para garantizar los stocks de carbono en un periodo de 20 años.

Líneas de acción propuestas

- Fortalecer las iniciativas de restauración y rehabilitación de áreas degradadas, mediante programas de reforestación como el que se desarrolla actualmente desde el Instituto de Conservación Forestal y las generadas por la mesa sectorial del valle de Sico Paulaya.

- Promover sistemas de producción agropecuaria que favorezcan la reducción de emisiones y la remoción de carbono en las zonas más habitadas del valle y la zona de amortiguamiento.
- Crear un programa de Pagos por Servicios Ambientales, el cual se enfoque al mantenimiento de los Servicios Ambientales, captura de carbono y protección de la biodiversidad prestada por el bosque, ubicada en zonas prioritarias del Valle y la Zona de Amortiguamiento; tendrá como objetivo asegurar la conservación de la cobertura forestal mediante un beneficio económico.
- Capacitar a los consejos consultivos a nivel municipal y comunitario para mejorar la gobernanza local relativa a la conservación y al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y el uso del suelo.
- Formular e implementar una estrategia y programas permanentes de comunicación y difusión respecto al aprovechamiento forestal sustentable y a la tala y comercialización ilegal.
- Establecer áreas de corredores biológicos para facilitar el intercambio genético y la conexión entre los ecosistemas.
- Fortalecer las prácticas de prevención y control de incendios forestales en el bosque de pino existente en el valle, para reducir su frecuencia e intensidad.
- Desarrollo de alternativas económicas para las comunidades indígenas tales como implementación de lagunas de peces para la venta, establecimiento de empresas asociativas de venta de productos artesanales, y con ello generar una propuesta de valor para el mercado para la venta de estos productos.
- Fortalecer el manejo forestal sostenible que se realiza en la zona de amortiguamiento mediante planificación, capacitaciones técnicas, seguimiento a planes de manejo y en alguna medida buscar la certificación forestal para los productores de la zona.

B) Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades humanas mediante un plan municipal de ordenamiento territorial, contra los efectos actuales y esperados del cambio climático en El Valle y Zona de Amortiguamiento.

La planificación aparece como una herramienta adecuada para orientar y organizar el desarrollo equitativo y sustentable del territorio y la población que lo ocupa. Este instrumento de desarrollo deberá contener todas las iniciativas, programas y/o proyectos y acciones que la Administración Pública Municipal deberá propiciar y construir en los próximos años; deberá incluir el desarrollo integral, sustentable y armónico en aspectos social, económico, cultural y ambiental del municipio, y se realizará con el apoyo e involucramiento de todos los actores comunitarios e institucionales.

Líneas de acción propuestas

- Impulsar el establecimiento y oficialización de normas, para el diseño, construcción y despliegue de infraestructura e instalaciones mejor adaptadas a los impactos del cambio climático.
- implementar mecanismos de concertación y coordinación, para lo cual será necesario tener un mapeo de actores locales y conocer el quehacer de cada uno de ellos en el

territorio, además el fortalecimiento de la mesa sectorial como espacio de diálogo, para contar con una estructura con mecanismos de coordinación y concertación que sirvan de facilitadores de todos los actores presentes en el municipio.

- Regular el uso de la tierra, conforme a su vocación y fomentar el manejo integrado de cultivos, con enfoque de sistemas de producción de conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo, y de conservación, captación y manejo de agua, incluyendo las tecnologías adecuadas de riego.
- Promover el desarrollo turístico sostenible, que aproveche racionalmente los atractivos turísticos naturales y la biodiversidad.

C) Fomentar un marco de articulación de políticas públicas e instrumentos de apoyo unificado para reforzar la conservación de los bosques y biodiversidad en la zona de amortiguamiento y Valle de Sico Paulaya.

Resulta esencial profundizar la coordinación intersectorial e interinstitucional respecto al tema de cambio climático. La implementación de una estrategia requerirá que se cuente con una mejor articulación de las políticas sectoriales para responder al cambio climático y aprovechar la oportunidad que este fenómeno representa para mejorar la coordinación de las políticas públicas que concurren dentro de la zona de Amortiguamiento y El Valle.

Líneas de acción propuestas

- Coordinar estrategias y programas con instituciones gubernamentales, privadas, municipales y grupos de la sociedad civil para facilitar la implementación de actividades de mitigación en la zona del valle y reserva de Biosfera.
- Gestionar el ajuste y unificación de políticas públicas y estrategias existentes en el país, que conlleven a una mejor gestión y aplicación de las leyes, como la ley agraria, ley forestal, estrategia contra la tala ilegal y estrategia nacional de cambio climático.
- Incorporar en el plan de manejo de la reserva de Biosfera del rio Platano un capítulo de cambio climático en donde describa que actividades de mitigación y adaptación que serán ejecutadas en el quinquenio actual.
- Promover y presentar iniciativas para fortalecer el marco legal para la ejecución de las estrategias de tala ilegal y cambio climático.

4.2.7 CONCLUSIONES

Entre 2006 y 2011, el área de bosque latifoliado disminuyó en 1,015 has, lo que representa una reducción del 29%. Esta tendencia podría ir en aumento, situación que, asociada con el inadecuado manejo de los recursos naturales, la expansión de los asentamientos humanos, la densidad de población y los incendios forestales, hará que se incremente la presión sobre ellos.

En la proyección de cambios en el uso del suelo del 2011 al 2030 muestra un aumento en la dinámica del uso de la tierra. El bosque latifoliado perderá superficie ante el agropecuario (24,384.89 ha), pero mantendrá su superficie en un 70%. Por otro lado, 210.10 ha de uso agropecuario pasarán a ser bosque de conífera y 2,818.09 ha pasarán a ser

matorral en el 2030 a partir del uso agropecuario. La sabana con árboles cederá terreno al uso agropecuario (27,000 ha).

La adopción de prácticas agroforestales es una alternativa sustentable, debido a que contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono principal causante del efecto invernadero. De acuerdo con las estimaciones realizadas y tomado como referencia el año base 2012, se calcula que para el trigésimo año se acumularán 9.1 millones de ton CO₂ en el territorio, realizando actividades como la instalación de sistemas agroforestales, conservación, sistemas silvopastoriles. Por el contrario, en un escenario negativo (ampliación de la frontera agrícola, deforestación, urbanización) se estima una emisión de 13 millones ton CO₂ a la atmosfera.

Si existiese en el territorio algún proyecto de secuestro de CO₂, la reducción de emisiones sería de 422,585.50 ton CO₂. Tanto el escenario actual como un escenario de producción y conservación, permitirían todas las actividades que producen ingresos, inclusive el nivel actual de actividades agrícolas y uso de la tierra y la cosecha certificada de madera. Las reducciones de emisiones que se obtienen corresponden, de este modo, a aquellas que se deben a la prevención de la deforestación antropogénica.

El desarrollo de una estrategia de mitigación y adaptación en la zona de Sico Paulaya y La Biosfera del Rio Plátano fortalecerá el manejo de los recursos y el patrimonio de la reserva, consolidará el manejo adecuado de las áreas bajo manejo forestal y asegurará la permanencia del carbono fijado en los bosques, así como otros proyectos de conservación y manejo sostenible que surjan a futuro en el área.

La cercanía de los asentamientos humanos a caminos es uno de los factores primordiales que se relaciona con el proceso de deforestación según el resultado de los talleres. Se puede establecer que existe una relación clara entre la densidad de población y el cambio de uso del suelo. Esta relación disminuye de acuerdo a la pendiente del terreno y acceso al recurso. Este fenómeno se debería de tomar en cuenta para implementar proyectos de desarrollo de carreteras, de tal manera que se considere el impacto al recurso bosque.

BIBLIOGRAFIA

AFE-COHDEFOR, Administracion Forestal del Estado. 2002. Informe sobre la Efectividad del Manejo Sitio de Patrimonio Mundial Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano Revista de Biología tropical.

Ávila, G.; Jiménez, F.; Beer, J.; Gómez, M.; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica Agroforestería en las Américas 8(30): 32-35.

Briceño Valera, F.J. 2003. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, estado Trujillo Geenseñanza 8: 1.

- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon *Interciencia*. Caracas 17(1): 8-18.
- Brown, S. 1997. Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. *In* Actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Árboles 1997. p. 13-22.
- _____. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges *Environmental pollution* 116(3): 363-372.
- FAO-Unesco, I. 1990. Soil map of the world Revised legend. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report 60.
- FAO. 2007a. Monitoreo de procesos de deforestación/degradación en bosques húmedos tropicales Reunión Técnica sobre Monitoreo de Procesos de Deforestación/Degradación de Bosques Húmedos Tropicales. Lima (PE). 19881020.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). 2007b. Los bosques y el cambio climático. Departamento forestal Boletín Informativo. Disponible en www.fao.org/forestry/climatechange/es.infofaospanishlosbosquesyelcambioclimatico.pdf
- ICF, (Instituto de Conservación Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre). 2011a. Estimaciones de la deforestación en Honduras. Revista Científica. Disponible en www.icf.gob.hn
- Lambin, E.F.; Geist, H.J. 2003. Regional differences in tropical deforestation *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 45(6): 22-36.
- Lambin, E.F.; Geist, H.J.; Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions *Annual review of environment and resources* 28(1): 205-241.
- Lambin, E.F.; Geist, H.; Rindfuss, R.R. 2006. Introduction: local processes with global impacts. *In*. 2006. Land-use and land-cover change. Springer. p. 1-8.
- Paegelow, M.; Olmedo, M.T.C.; Toribio, J.M. 2003. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje, Asociación de Geógrafos Españoles.
- PROTEP, (Proyecto de Ordenamiento Territorial Comunal y Protección del Medio Ambiente en Río Plátano). 2010. Estudio Interpretación Multitemporal de Imágenes Satelitales para la Detección del Cambio del Uso del Suelo en la Reserva del Hombre y la Biosfera del Río Plátano (RHBRP) entre los Años 2006 y 2011. Consultado 21-05-13. Disponible en www.icf.gob.hn

ANEXOS

Anexo 1. Ejemplo de preguntas generadoras para diferentes actores dentro de la zona de estudio

Por: Carlos Vindel C/ Red de manejo del Bosque Latifoliado

1. ¿Qué acciones de conservación en los bosques nativos considera que se deberían realizar para integrar el desarrollo de los diferentes sectores productivos del país?

- Realizar actividades de Reforestación con sistemas forestales y agroforestales con productores(as) de la zona.
- Agilización de la aprobación para comercializar los productos generados en las áreas bajo manejo forestal.
- Implementar la Estrategia de Tala Ilegal que tiene el Gobierno y que sea real.

2. ¿Cómo cree que se deberían incorporar estrategias de mitigación ante el cambio climático en el área de la Biosfera del Rio Plátano en las políticas públicas del país?

- Se debe hacer una Regularización de las tierras bajo manejo forestal y bajo áreas protegidas, delimitarlas e inscribirlas a nombre del Estado y a favor de las comunidades forestales (según como lo dice la Ley Forestal).
- Implementar una verdadera Forestería Comunitaria en las áreas bajo manejo forestal.
- Incidir en los Planes de Desarrollo Forestal Municipal.

3. Cuáles serían los instrumentos más recomendables para aplicar estas estrategias ante el cambio climático en la Reserva de Biosfera del Rio Plátano?

- En las Plantaciones se debe implementar los Bonos de Carbono a través de la iniciativa de Plan Vivo (para plantaciones u otro). Y para las áreas bajo manejo forestal también.
- Instalar y monitorear Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) para conocer la evolución de los bosques de esa zona del país.

4. ¿Qué estrategias considera pertinentes a futuro para disminuir la deforestación en la Reserva de Biosfera del Río Plátano?.

- Generar proyectos económicos y productivos en las comunidades aledañas a las áreas protegidas.
- Buscar mercados de los productos generados por estas iniciativas productivas.
- Implementar la Estrategia de Tala Ilegal, enviando militares a la zona de áreas protegidas.

5. Mencione lineamientos económicos y físicos que el país tendría que adoptar para mantener o incrementar los stocks de carbono en la reserva de Biosfera del Río Plátano.

- Realizar inventarios del Stock Carbono en la Biosfera.
- Generar proyectos económicos productivos en las comunidades aledañas a la Reserva.
- Implementar un Fondo de Manejo Forestal, para ser empleado en las comunidades forestales.
- Realizar gestiones ante el Gobierno para que las instituciones públicas adquieran productos de madera provenientes de comunidades forestales productoras de estos.

Anexo 2. Registro fotográfico de los talleres realizados en el marco de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano

Elaboración de línea histórica de la deforestación de forma participativa



Anexo 3. Árbol de problemas generado durante la realización de los talleres en el marco de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano

Elaboración del árbol de problemas de forma participativa



Anexo 4. Lista de participantes a los talleres desarrollados dentro de la investigación en el Valle de Sico Paulaya y la Reserva de Biosfera del río Plátano

No.	Nombre	Organización	No. De teléfono	Cargo	Firma
1	Miriam Hauia	ORFA/ICF	3440-38-00	Secretaria	[Firma]
2	Juan Carlos H.	ICF/RBRP-OLSP	9854-2540	Tecnico forestal	[Firma]
3	Faustino Henriquez Pineda	ASAPIR		Presidente	[Firma]
4	Fausto Pazuli	JAA - Coplen		Secretario	[Firma]
5	Daniel Flores Reyes	Muni. Pajonales	98029971	JF UMIA	[Firma]
6	Dilva Lisset Hernandez	ICF/OLSP/OLP	99560323	Rancho forestal	[Firma]
7	Jaime Peralta	FMV	99916785	Tecnico forestal	[Firma]
8	Kenia Tomic	ICF/RBRP/OLSP	99099644	Tecnico forestal	[Firma]
9	Noé Pérez	JAA		Secretario	[Firma]
10	Emael Zilaya	JAA		Presidente	[Firma]
11	Osman Duarte	ICF	45883129	Apoy tecnico	[Firma]
12	Evelio Romero Marmol	COFEL-SICO	96197669		[Firma]
13	Edwin Alfonso Ramos	FPNT	98420030	Tesorero	[Firma]
14	Yeni Marelin Duarte	ICF-RBRP-OLSP	9532-1266	Administradora	[Firma]
15	Faustino Murillo	FPNT		Fiscal	[Firma]

No.	Nombre	Organización	No. De teléfono	Cargo	Firma
16	Adely Mejia	Patronato Ayamel	95889676		[Firma]
17	Andrea Ramirez	CASIRTEL		Socia	[Firma]
18	Reyna Suyapa Matute	Patronato la Ceiba	98509646	Fiscal	[Firma]
19	Lourdes Suyapa Aguirre	SALUD	96082578	E/AUX	[Firma]
20	Ninfa Mejia	CADEL			[Firma]
21	Maribel Mejia	ASAPIR	98322261	Secretaria	[Firma]
22	Maritza Calix	JAA	95748173	Secretaria	[Firma]
23	Sergio Martinez	ICF/ORFA			[Firma]
24	Oscar Armando Tortillo	SALUD	96627195	Medico-sico	[Firma]
25	Jablon Dubon	ICF/ORFA	9880-2343	Jefe Regional	[Firma]
26	Hector Ulloa	ICF/ORFA	95057894	Asistente Admow	[Firma]
27	Cecilia Sosa	Patronato embarcadero		Presidente	[Firma]
28	Alexandro Mascoso	JAA	98149435	Jefe JAA del Valle	[Firma]
29	José Luis Palacios	Coop AF Rio Pajonales		Socio	[Firma]
30	Eliberto Barahona	Coop AF Bases del Coplen		Presidente	[Firma]
31	José Ernesto Reyes	Coop AF Bases del Coplen		Vice-presidente	[Firma]
32	Antonio Romero	Patronato Coplen			[Firma]
33	Lidia Romero	JAA - Coplen		Presidenta	[Firma]
34	Juan Manuel	Coop AF Mayo-Julio		Presidente	[Firma]

Anexo 5. Tabla de emisiones de CO2 con proyecto y sin proyecto en el Valle de Sico Paulaya y Reserva de Biosfera del Rio Plátano

Project Year		Carbon Baseline				Carbon Actual				Carbon Leakage				Carbon REDD			
		CO2		Non-CO2		CO2		Non-CO2		CO2		Non-CO2		CO2		Non-CO2	
No	Yr	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)	Annual (tCO2e)	Cumulative (tCO2e)
1	2012	-528,231.88	-528,231.88	-13,714.41	-13,714.41	-179,598.84	-179,598.84	-4,662.90	-4,662.90	-105,646.38	-105,646.38	-2,742.88	-2,742.88	-242,986.66	-242,986.66	-6,308.63	-6,308.63
2	2013	-528,231.88	-1,056,463.75	-13,714.41	-27,428.83	-179,598.84	-359,197.69	-4,662.90	-9,325.80	-105,646.38	-211,292.75	-2,742.88	-5,485.77	-242,986.66	-485,973.31	-6,308.63	-12,617.26
3	2014	-528,231.88	-1,584,695.63	-13,714.41	-41,143.24	-179,598.84	-538,796.50	-4,662.90	-13,988.70	-105,646.38	-316,939.13	-2,742.88	-8,228.65	-242,986.66	-728,960.00	-6,308.63	-18,925.89
4	2015	-528,231.88	-2,112,927.50	-13,714.41	-54,857.66	-179,598.84	-718,395.38	-4,662.90	-18,651.60	-105,646.38	-422,585.50	-2,742.88	-10,971.53	-242,986.66	-971,946.63	-6,308.63	-25,234.52
5	2016	-528,231.88	-2,641,159.50	-13,714.41	-68,572.08	-179,598.84	-897,994.25	-4,662.90	-23,314.50	-105,646.38	-528,231.88	-2,742.88	-13,714.41	-242,986.66	-1,214,933.38	-6,308.63	-31,543.16
6	2017	-508,455.13	-3,149,614.75	-13,200.95	-81,773.02	-101,691.02	-999,685.25	-2,640.19	-25,954.70	-101,691.02	-629,922.88	-2,640.19	-16,354.60	-305,073.06	-1,520,006.63	-7,920.57	-39,463.72
7	2018	-508,455.13	-3,658,069.75	-13,200.95	-94,973.98	-101,691.02	-1,101,376.25	-2,640.19	-28,594.89	-101,691.02	-731,613.88	-2,640.19	-18,994.79	-305,073.06	-1,825,079.63	-7,920.57	-47,384.30
8	2019	-508,455.13	-4,166,524.75	-13,200.95	-108,174.92	-101,691.02	-1,203,067.25	-2,640.19	-31,235.08	-101,691.02	-833,304.88	-2,640.19	-21,634.98	-305,073.06	-2,130,152.50	-7,920.57	-55,304.86
9	2020	-508,455.13	-4,674,980.00	-13,200.95	-121,375.88	-101,691.02	-1,304,758.25	-2,640.19	-33,875.27	-101,691.02	-934,995.88	-2,640.19	-24,275.18	-305,073.06	-2,435,226.00	-7,920.57	-63,225.43
10	2021	-508,455.13	-5,183,435.00	-13,200.95	-134,576.83	-101,691.02	-1,406,449.25	-2,640.19	-36,515.46	-101,691.02	-1,036,686.88	-2,640.19	-26,915.37	-305,073.06	-2,740,299.00	-7,920.57	-71,146.00
11	2022	-500,161.66	-5,683,596.50	-12,985.63	-147,562.47	-50,016.16	-1,456,465.38	-1,298.56	-37,814.02	-50,016.16	-1,086,703.00	-1,298.56	-28,213.93	-400,129.31	-3,140,428.00	-10,388.50	-81,534.52
12	2023	-500,161.66	-6,183,758.00	-12,985.63	-160,548.09	-50,016.16	-1,506,481.50	-1,298.56	-39,112.59	-50,016.16	-1,136,719.13	-1,298.56	-29,512.49	-400,129.31	-3,540,557.50	-10,388.50	-91,923.02
13	2024	-500,161.66	-6,683,919.50	-12,985.63	-173,533.73	-50,016.16	-1,556,497.63	-1,298.56	-40,411.15	-50,016.16	-1,186,735.25	-1,298.56	-30,811.05	-400,129.31	-3,940,686.50	-10,388.50	-102,311.53
14	2025	-500,161.66	-7,184,081.00	-12,985.63	-186,519.38	-50,016.16	-1,606,513.75	-1,298.56	-41,709.71	-50,016.16	-1,236,751.38	-1,298.56	-32,109.62	-400,129.31	-4,340,816.00	-10,388.50	-112,700.05
15	2026	-500,161.66	-7,684,243.00	-12,985.63	-199,505.02	-50,016.16	-1,656,529.88	-1,298.56	-43,008.27	-50,016.16	-1,286,767.50	-1,298.56	-33,408.18	-400,129.31	-4,740,945.50	-10,388.50	-123,088.56
16	2027	-432,537.72	-8,116,781.00	-11,229.92	-210,734.94	-43,253.77	-1,699,783.63	-1,122.99	-44,131.27	-43,253.77	-1,330,021.25	-1,122.99	-34,531.17	-346,030.19	-5,086,976.00	-8,983.94	-132,072.50
17	2028	-432,537.72	-8,549,319.00	-11,229.92	-221,964.86	-43,253.77	-1,743,037.38	-1,122.99	-45,254.26	-43,253.77	-1,373,275.00	-1,122.99	-35,654.16	-346,030.19	-5,433,006.50	-8,983.94	-141,056.44
18	2029	-432,537.72	-8,981,857.00	-11,229.92	-233,194.78	-43,253.77	-1,786,291.13	-1,122.99	-46,377.25	-43,253.77	-1,416,528.75	-1,122.99	-36,777.16	-346,030.19	-5,779,037.00	-8,983.94	-150,040.38
19	2030	-432,537.72	-9,414,394.00	-11,229.92	-244,424.69	-43,253.77	-1,829,544.88	-1,122.99	-47,500.24	-43,253.77	-1,459,782.50	-1,122.99	-37,900.15	-346,030.19	-6,125,066.50	-8,983.94	-159,024.30
20	2031	-432,537.72	-9,846,932.00	-11,229.92	-255,654.61	-43,253.77	-1,872,798.63	-1,122.99	-48,623.23	-43,253.77	-1,503,036.25	-1,122.99	-39,023.14	-346,030.19	-6,471,097.00	-8,983.94	-168,008.23
21	2032	-342,585.22	-10,189,517.00	-8,894.49	-264,549.09	-34,258.52	-1,907,057.13	-889.45	-49,512.68	-34,258.52	-1,537,294.75	-889.45	-39,912.59	-274,068.19	-6,745,165.00	-7,115.59	-175,123.81
22	2033	-342,585.22	-10,532,102.00	-8,894.49	-273,443.59	-34,258.52	-1,941,315.63	-889.45	-50,402.13	-34,258.52	-1,571,553.25	-889.45	-40,802.04	-274,068.19	-7,019,233.00	-7,115.59	-182,239.42
23	2034	-342,585.22	-10,874,687.00	-8,894.49	-282,338.09	-34,258.52	-1,975,574.13	-889.45	-51,291.58	-34,258.52	-1,605,811.75	-889.45	-41,691.49	-274,068.19	-7,293,301.00	-7,115.59	-189,355.03
24	2035	-342,585.22	-11,217,272.00	-8,894.49	-291,232.59	-34,258.52	-2,009,832.63	-889.45	-52,181.03	-34,258.52	-1,640,070.25	-889.45	-42,580.94	-274,068.19	-7,567,369.00	-7,115.59	-196,470.63
25	2036	-342,585.22	-11,559,857.00	-8,894.49	-300,127.06	-34,258.52	-2,044,091.13	-889.45	-53,070.48	-34,258.52	-1,674,328.75	-889.45	-43,470.39	-274,068.19	-7,841,437.00	-7,115.59	-203,586.19
26	2037	-306,859.38	-11,866,716.00	-7,966.95	-308,094.03	-30,685.94	-2,074,777.00	-796.69	-53,867.18	-30,685.94	-1,705,014.75	-796.69	-44,267.08	-245,487.50	-8,086,924.00	-6,373.56	-209,959.78
27	2038	-306,859.38	-12,173,575.00	-7,966.95	-316,060.97	-30,685.94	-2,105,463.00	-796.69	-54,663.87	-30,685.94	-1,735,700.75	-796.69	-45,063.78	-245,487.50	-8,332,411.00	-6,373.56	-216,333.31
28	2039	-306,859.38	-12,480,434.00	-7,966.95	-324,027.91	-30,685.94	-2,136,149.00	-796.69	-55,460.57	-30,685.94	-1,766,386.75	-796.69	-45,860.47	-245,487.50	-8,577,898.00	-6,373.56	-222,706.88
29	2040	-306,859.38	-12,787,293.00	-7,966.95	-331,994.88	-30,685.94	-2,166,835.00	-796.69	-56,257.26	-30,685.94	-1,797,072.75	-796.69	-46,657.17	-245,487.50	-8,823,385.00	-6,373.56	-229,080.44
30	2041	-306,859.38	-13,094,152.00	-7,966.95	-339,961.81	-30,685.94	-2,197,521.00	-796.69	-57,053.96	-30,685.94	-1,827,758.75	-796.69	-47,453.86	-245,487.50	-9,068,872.00	-6,373.56	-235,454.00

