



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA

INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

**Metodología automática para estimar
pérdida de carbono a través de
procesamiento de imágenes satelitales.
Caso de uso Chaco Paraguay**

PROYECTO FINAL DE GRADO

Autor:

Santiago Smael Vera Aquino

Tutor:

Dr. Horacio Legal Ayala

SAN LORENZO - PARAGUAY

OCTUBRE - 2015

Dedicatoria

*A mis familiares, profesores, compañeros y amigos por su apoyo,
aliento y comprensión incondicional.*

Agradecimiento

xxx

Resumen

XXXX

Abstract

XXXXXX

Índice general

Agradecimiento	II
Resumen	III
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
Abreviaciones	VIII
1. Introducción	2
1.1. Justificación y Motivación	4
1.2. Antecedentes	4
1.3. Planteamiento del problema	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivos Generales	6
1.4.2. Objetivos Específicos	7
1.5. Organización de la Tesis	7

Índice de figuras

Índice de tablas

Abreviaciones

GEI	<i>Gases de Efecto Invernadero.</i>
CO₂	<i>Dióxido de carbono.</i>
C	<i>Carbono.</i>
SIG	<i>Sistemas de Información Geográficas.</i>
REDD+	<i>Reducción de GEI por la Deforestación y Degradación de bosques.</i>
RMSE	<i>Error cuadrático medio.</i>
ParLu	<i>Paraguay Land Use.</i>
WWF	<i>World Wildlife Fund.</i>
ENPAB	<i>Estrategia nacional y plan de acción para la conservación de la Biodiversidad.</i>
VD	<i>Valor Digital.</i>

Capítulo 1

Introducción

De entre los servicios ambientales que proporcionan los bosques, la captura de carbono será determinante para disminuir el calentamiento global y estabilizar el cambio climático producidos por el incremento en la atmósfera de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). El dióxido de carbono (CO_2) es el gas mas abundante, contribuyendo con un 76 % al GEI [[ÁJB+01](#)] debido principalmente al cambio de paisajes de bosques tropicales maduros a paisajes agrícolas.

Los bosques tropicales en condiciones naturales contienen más carbono aéreo por unidad de superficie que cualquier otro tipo de cobertura terrestre. Por esto, cuando los bosques se convierten a otros usos del suelo, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El cambio en el uso del suelo y la silvicultura son responsables del 15-20 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero[[Oje](#)].

El **ciclo de carbono** son las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. La fotosíntesis de las plantas constituye un proceso fundamental en el ciclo ya que permite separar el CO_2 en oxígeno que consumimos y carbono (C) en materia orgánica, actuando en forma de almacenes de C como biomasa en función a la composición florística, la edad y la densidad de cada estrato por comunidad vegetal por periodos prolongados [[AMVMEB+03](#)].

De manera general el término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía. En

nuestro caso utilizaremos la definición de biomasa forestal como la cantidad total de materia orgánica aérea presente en los árboles incluyendo hojas, ramas, tronco principal y corteza[GS03].

La teledetección o percepción remota sin estar en un contacto físico directo, nos permite adquirir imágenes de la superficie terrestre[LK94] empleando el uso de informaciones provenientes de sensores instalados en plataformas espaciales, complementados con sistemas de información geográficas (SIG) para un análisis mas continuo y dinámico. Estos sensores remotos captan la energía reflejada o radiada por la superficie, ya sea emitida por el sol (sensores pasivos) o por el mismo sensor (sensores activos), para ser transformadas a valores digitales (VD) como imágenes satelitales, de manera secuencial para cada espacio de la tierra, a intervalos regulares de tiempo.

Las coberturas vegetales poseen un comportamiento característico en su radiación, permitiendo a través de la imágenes proveídos por los sensores remotos calcular índices que varían dentro de márgenes conocidos indicando el vigor de la vegetación o la densidad de la biomasa forestal. A esto, junto con la comparación multitemporal sera posible identificar la evolución de coberturas vegetales en periodos de tiempos obteniendo resultados cualitativos y/o cuantitativos en espacio y tiempo[MG13].

Existen muchos métodos para la detección de cambios de vegetación pero en su mayoría requieren una supervisión y un trabajo de campo como también la utilización de complejos sistemas de información geográfica bajo licencia que elevan el costo de los estudios. En vista a esto, se propone diseñar e implementar una metodología automática que permita estimar la perdida de carbono a través de la biomasa de forma dinámica, empleando procesamiento de imágenes satelitales disponibles de forma libre.

Dentro de todo esto, la falta de una mayor información nos lleva a varios cuestionamientos de como estamos manejando nuestro medio ambiente y de que efectos acarrearán esos usos, por lo que el empleo de la teledetección y las imágenes satelitales multitemporales nos permitirán realizar un análisis a lo largo del tiempo de los cambios que el ambiente está experimentando, mas aun en zonas como el Chaco Paraguayo donde la información referentes al ambiente son escasos a causa de los altos costos y las dificultades de acceso a la hora de realizar muestreos en el terreno.

1.1. Justificación y Motivación

REDD+ es una iniciativa que tiene como objetivo reducir la pérdida de bosques, las actividades REDD+ evitan pérdidas como emisiones de gases de efecto invernadero (conservación, no deforestación, no degradación), mantienen el depósito o stock de carbono (conservación, gestión sostenible), o incrementan el depósito por su efecto de retención o sumidero de carbono (conservación, restauración, gestión sostenible)[Oje].

El Paraguay se ha embarcado en el proceso de preparación para Reducir la Deforestación y Degradación forestal (REDD+) a fin de disminuir las emisiones de CO₂, conservar los bosques y su biodiversidad, por tanto se busca elaborar una estrategia nacional, con políticas socios ambientales y económicos viables, así como el desarrollo de capacidades.

Así para medir los beneficios de carbono de un proyecto REDD+, es necesario calcular la cantidad de carbono almacenado en el bosque en cuestión y luego predecir la cantidad de carbono que se podría conservar si se detiene o reduce la deforestación y la degradación forestal[Nel].

La mayoría de las investigaciones para estimar y mapear la biomasa en bosques se centran en las técnicas de Sensores Remotos; debido a las grandes extensiones de las áreas de estudio, la dificultad de acceder a las mismas, el alto costo del establecimiento de las parcelas de inventario y su limitada utilidad debido a la variabilidad natural espacial de la biomasa forestal. Por ello la necesidad de crear metodologías que ayuden al monitoreo de forma dinámica y barata nos lleva al desarrollo de herramientas libres que permitan estimar focos de alerta para la toma de acciones y controles más rigurosos a tiempo.

1.2. Antecedentes

Sassan Saatchi[SHB⁺11] ha mapeado el stock de carbono vivo en la biomasa para años próximos después de los 2000 utilizando una combinación de datos de 4079 en parcelas de inventario in situ y detección de luz vía satélite que van generando muestras de las estructuras de bosques de manera a estimar el almacenamiento de carbono, además de

imágenes ópticas y de microondas para extrapolar toda la superficie terrestre. De las parcelas de inventario in situ 493 fueron utilizados para verificar la consistencia de la estimación, donde 298 parcelas son de Latino América presentando un error cuadrático medio (RMSE) del 15 % en la predicción.

Existen trabajos realizados por estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNA como proyecto de grado en zonas específicas como la reserva de la biosfera del Chaco, Parque Nacional San Rafael y el Parque Nacional Defensores del chaco, todos ellos en la región Occidental del Paraguay. Implementan una metodología base hecha en el marco denominado *Desarrollo del estudio de línea de base para el sitio piloto Bosque atlántico de Alto Paraná. (BAAPA)* realizado por el Paraguay Land Use (ParLu), el cual es una iniciativa de World Wildlife Fund (WWF) Paraguay y WWF Alemania que apoya las iniciativas REDD+ en Paraguay, generando mapas de stock de carbono y los correspondientes mapas de cobertura y de Deforestación 2000–2005 y 2005–2011 a partir de muestreos de parcelas in situ y clasificaciones supervisadas con la ayuda de aplicaciones con licencias de carácter propietario, todo esto conjuntamente con la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias perteneciente a la Universidad Nacional de Asunción .

Un estudio realizado por por University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies denominado Forest Cover Change in Paraguay, nos muestra el cambio de vegetación estimado en todo el país utilizando un método iterativo de etiquetado de cambio por clusterización supervisada. El trabajo detecta cambios de los años 1992 al 2000, donde aparte de proveer un etiquetado de cambios de vegetación fue realizada con imágenes de acceso libre, generando información más precisa. Las validaciones fueron hechas con varias imágenes satelitales de alta precisión, no libres, con una precisión global en todas, mayor al 90 % para cambio/no cambio de áreas forestales/no forestales[HKS⁺09].

1.3. Planteamiento del problema

Paraguay es un país que basa su economía en la agricultura y la ganadería extensiva, actividades que han afectado al recurso forestal dando como resultado extensas áreas deforestadas y degradadas.

En el informe realizado por la ENPAB [BdFM03] se menciona que existe una fuerte presión política y social, proveniente de diversos grupos que buscan transformar las tierras del Chaco paraguayo en unidades económicas de producción, cuyo enfoque gira en torno al crecimiento económico antes que al desarrollo sostenible. En muchas zonas del chaco paraguayo, el modelo de desarrollo y uso de la tierra ha producido grandes extensiones de tierras altamente degradadas, arenales, desertificación y salinización.

A pesar que existen leyes de protección para evitar la deforestación y valorar los bosques como la Ley de Deforestación Cero en la Región Oriental del Paraguay promulgada en el año 2004, y que será extendida hasta el 2018 y, la Ley de servicios ambientales 3001/06, entre otros instrumentos, los mismos necesitan apoyo para su monitoreo y aplicación efectiva, debido a que los costos en tiempo y dinero son elevados por la necesidad de realizar muestreos en el terreno y de adquirir licencias para las herramientas de monitoreo.

Con el objetivo de implementar Políticas de mitigación del Cambio Clímático relativas a reducir las emisiones provenientes de la degradación y la deforestación (REDD+), los países en desarrollo deben contar con estimaciones robustas sólidas en cuanto a las reservas de carbono forestal[Par].

1.4. Objetivos

Atendiendo a la necesidad de metodologías alternativas para el monitoreo de pérdida de carbono en el campo ambiental, los objetivos delineados son los siguientes.

1.4.1. Objetivos Generales

- Desarrollar una metodología automática de análisis de imágenes satelitales multi-temporales para la generación de indicadores respecto a la pérdida del contenido de carbono en zonas del Chaco Paraguayo.

1.4.2. Objetivos Específicos

Para el logro de los objetivos generales los siguientes objetivos específicos son propuestos:

- Realizar detecciones de cambio automatizada dentro del área de estudio a través de la Teledetección y un SIG.
- Desarrollar ecuaciones que determinen la relación entre la biomasa y el carbono.
- Implementación de la metodología como complemento de una herramienta SIG de código abierto.

1.5. Organización de la Tesis

La distribución de capítulos del presente trabajo final de grado se encuentra organizado en 6 capítulos.

- En el capítulo 2 .
- En el capítulo 3 .
- En el capítulo 4 .
- En el capítulo 5 .
- En el capítulo 6 se presentan las conclusiones finales tras los experimentos y análisis de resultados del proyecto, por último los trabajos futuros que podrían dar continuidad al trabajo final de grado.

Bibliografía

- [ÁJB⁺01] G Ávila, F Jiménez, J Beer, M Gómez, and M Ibrahim. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en costa rica. carbon storage and fixation, and evaluation of environmental services in agroforestry systems in costa rica. *Agroforestería en las Américas (CATIE)*, 8(30):32–35, 2001.
- [AMVMEB⁺03] Miguel Acosta Mireles, Alejandro Velázquez Martínez, Jorge D Etchevers Barra, J Jesús Vargas Hernández, Hugo Ramírez Maldonado, Fabián Islas Gutiérrez, and ; Instituto de Recursos Naturales Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. *Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México*. PhD thesis, Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, 2003.
- [BdFM03] Isabel Basualdo, Isabel Gamarra de Fox, and Miguel Angel Morales. *Estrategia nacional y plan de acción para la conservación de la biodiversidad del Paraguay: ENPAB, Estrategia Nacional y Plan de Acción de Biodiversidad, 2004-2009*. Presidencia de la República, Secretaría del Ambiente, 2003.
- [GS03] M Garzuglia and M Saket. Wood volume and woody biomass. *Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma*, page 30, 2003.
- [HKS⁺09] Chengquan Huang, Sunghee Kim, Kuan Song, John RG Townshend, Paul Davis, Alice Altstatt, Oscar Rodas, Alberto Yanosky, Rob Clay, Compton J Tucker, et al. Assessment of paraguay’s forest cover change

- using landsat observations. *Global and Planetary Change*, 67(1):1–12, 2009.
- [LK94] Thomas M Lillesand and Ralph W Kiefer. Remote sensing and image interpretation. john willey & sons. *Inc, United States of America*, 1994.
- [MG13] Raul Martínez Garrido. Normalización radiométrica iterativa en detección de cambios: seguimiento del tipo de cambios asociados al ecosistema mediterráneo. 2013.
- [Nel] Corcoran E. Duarte C. M. Valdés L. De Young C. Fonseca L. Grimsditch G Nellemann, C. Carbono azul. evaluación de una respuesta rápida.
- [Oje] Fabian Miguel Peralta Ojeda. Analisis del cambio de cobertura de la tierra y estimacion de carbono en el area para parque nacional san rafael, año 2008/2013.
- [Par] WWF Paraguay y la Facultad de Ciencias Agrarias ParLu. Desarrollo del estudio de línea de base para el sitio piloto bosque atlántico alto parana (baapa).
- [SHB⁺11] Sassan S Saatchi, Nancy L Harris, Sandra Brown, Michael Lefsky, Edward TA Mitchard, William Salas, Brian R Zutta, Wolfgang Buermann, Simon L Lewis, Stephen Hagen, et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(24):9899–9904, 2011.