



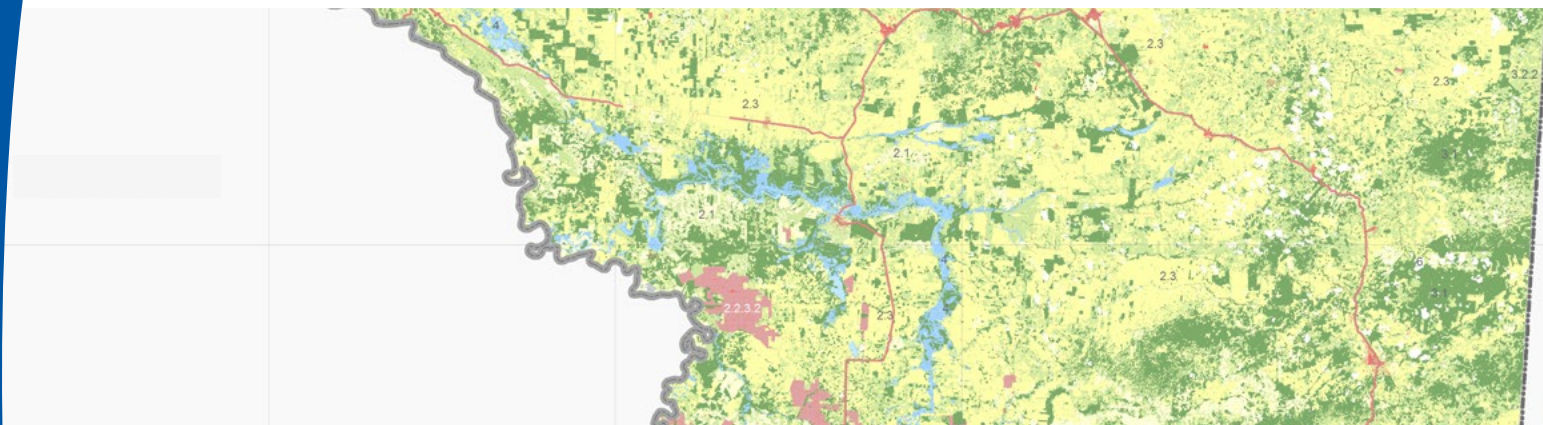
Ministerio de Ambiente  
y Recursos Naturales

Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Alimentación

Secretaría de Planificación y  
Programación de la  
Presidencia



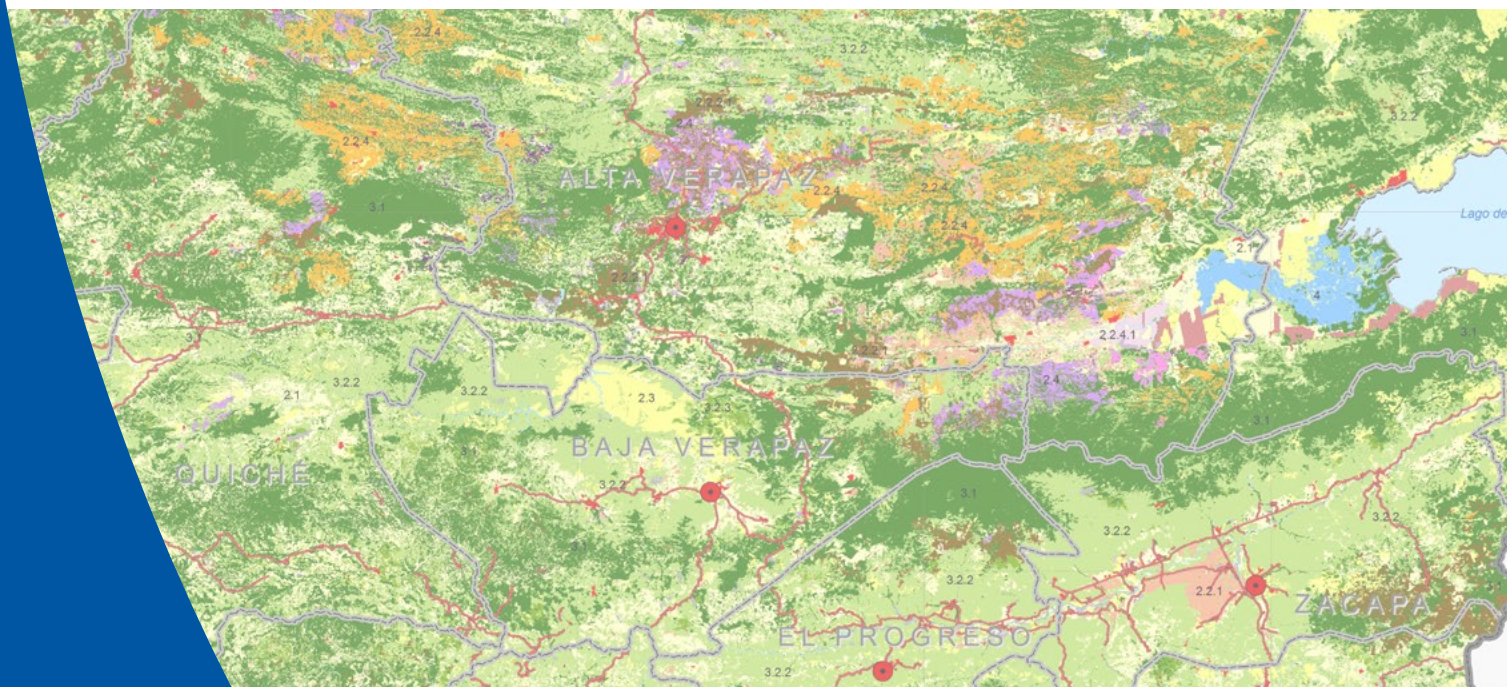
Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala



# Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012

## Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010

para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero



Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y  
Uso de la Tierra -GIMBOT-

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

# Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra

## Consejo Directivo:

*Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)*  
Michelle Martínez  
Sergio Ruano  
*Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)*  
Benedicto Lucas  
Marco Tax  
*Instituto Nacional de Bosques (INAB)*  
Josué Morales  
Adelso Revolorio  
*Universidad del Valle de Guatemala (UVG)*  
Edwin Castellanos  
*Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)*  
Carlos Anzueto  
Rudy Vásquez  
*Universidad Rafael Landívar (URL)*  
Juventino Gálvez  
Pedro Pineda  
*Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC)*  
Lauriano Figueroa  
Mario Alberto Méndez  
*Instituto Geográfico Nacional (IGN)*  
Guillermo Santos  
*Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan)*  
Edwin Cabnal

## Diseño y Diagramación:

Alberto Andrade  
Unidad de Relaciones Públicas  
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales  
Elvin Tacam  
Estudiante de Diseño Gráfico USAC.

## Agradecimientos:

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de: Cooperación Técnica Alemana –GIZ, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional -USAID-, Servicio Forestal de los Estados Unidos y a la colaboración especial de LightHawk, Wildlife Conservation Society –WCS- y el Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza –FONACON-.

## Coordinación Técnica:

*Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)*  
Kenset Rosales  
José Gálvez  
*Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)*  
Víctor Hugo Ramos  
Adalberto López  
*Instituto Nacional de Bosques (INAB)*  
Rolando Montenegro  
Ximena Villagrán  
*Universidad del Valle de Guatemala (UVG)*  
Danai Fernández  
Margarita Vides  
*Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)*  
Rudy Vásquez  
José López  
*Universidad Rafael Landívar (URL)*  
Gerónimo Pérez  
Pedro Pineda  
*Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala (FAUSAC)*  
Daniel Dubón  
*Instituto Geográfico Nacional (IGN)*  
Edson Hernández  
*Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan)*  
Raúl Calderón

## Equipo Técnico:

Michelle Catalán (Coordinadora de Proyecto fase I)  
Cándida Tacam (Coordinadora de Proyecto fase II)  
Oscar González  
Diego Incer  
Estuardo Fuentes  
René Orozco  
William Santos  
Ricardo Rivas  
Mónica Hernández  
Edgar Armas  
Oscar Vinicio Castellanos  
Greysi González  
Juan Pablo Noriega  
José Nery Solís  
Julián Enrique Zetina  
Marlin George  
Luis Saenz  
Raúl Alvarez  
Dunia López

## Citación Bibliográfica

Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001- 2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento Informativo. 16 pp.

Los contenidos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de las instituciones que apoyaron financieramente esta iniciativa.

# Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra

## GIMBOT

### Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012

### Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 – 2010 para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

### Documento Informativo

Elaboración de los mapas a cargo de los equipos técnicos de:

Universidad del Valle de Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques,  
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales,  
Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala e  
Instituto Geográfico Nacional “Ingeniero Alfredo Obiols Gómez”.

Guatemala, Octubre de 2014

# Contenido

1. Resumen	5
2. El Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra	6
3. Antecedentes del Proyecto	7
4. Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012	8
5. Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010 para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	11
6. Conclusiones	15
7. Bibliografía	15

## Siglas y Acrónimos

CECON	Centro de Estudios Conservacionistas
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAUSAC	Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala
FRA	Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIMBOT	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra
GIZ	Cooperación Técnica Alemana
IDEG - SINIT	Infraestructura de Datos Especiales de Guatemala Sistema Nacional de Información Terriotrial
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
LANDSAT	Satélite de monitoreo terrestre
LEDS	Estrategia de Desarrollo de bajas emisiones
MAGA-DIGEGR	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
RE	Imágenes de alta resolución RAPIDEYE
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SIG	Sistema de Información Geográfica
URL	Universidad Rafael Landívar
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
UVG	Universidad del Valle de Guatemala



# 1. Resumen

El Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra –GIMBOT- ha venido trabajando desde el 2001 en generar productos cartográficos relacionados con los recursos naturales del país. Este documento presenta los últimos dos productos en esta línea: Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012, y Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010 como base para los inventarios de gases de efecto invernadero.

El Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012 es un trabajo más detallado en comparación a las publicaciones anteriores pues es realizado utilizando imágenes satelitales de alta resolución RapidEye, lo cual permitió analizar y clasificar otros usos de la tierra además de los bosques. La generación de este mapa se dividió en dos fases, una en la que se realizó una segmentación y clasificación por medio de firmas espectrales generadas en base a trabajos previos de miembros del GIMBOT, para producir un total de 17 clases de cobertura vegetal y uso de la tierra. Y una segunda fase de edición, revisión e integración de los mosaicos creados. Como resultado de este mapa se identificó que el territorio nacional cuenta con 33.74 % de cobertura boscosa, los territorios agrícolas abarcan el 38.1%, los medios seminaturales tienen el 23.81% del territorio siendo el resto de superficie ocupada por uso urbano con 1.28%, el agua y los humedales el 2.62% y el 0.45% restante son áreas para las cuales no se obtuvo información (por cubierta de nubes o sombra).

El Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001-2010, se ha construido sobre productos anteriores ya publicados sobre las dinámicas de la Cobertura Forestal para los años 2001, 2006 y 2010. Analizando las imágenes LANDSAT originales y auxiliados de otras imágenes de alta resolución para añadir las categorías mínimas de las Guías del IPCC para inventarios de GEI del sector UTCUTS a los mapas previos, se ha obtenido con mayor claridad una idea de la dinámica alrededor de los procesos de deforestación y reforestación. Esto es un gran aporte para el país, ya que se proveen los datos y estadísticas necesarios para estimar las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y cambio de uso de la tierra, los cuales sustentan la toma de decisiones asociada al sector.

Entre los cambios ocurridos entre el 2001 y el 2010 vale resaltar que se han mantenido 3,122,830 de hectáreas de las tierras forestales, lo cual representa el 29% de la superficie nacional. Se han perdido 1,034,622 hectáreas, de bosque y estos en su mayoría han pasado a la categoría de Tierras Agrícolas y Praderas, lo cual es equivalente al 9.5% del territorio también ha habido ganancias en cobertura forestal, por un total de 549,699 hectáreas, lo cual equivale a decir que el 5.08% del territorio ha revertido a ser bosque.

La Dinámica del contenido de Carbono en el período, fue obtenida por medio de los valores por defecto del IPCC para contenido de carbono por tipo de uso de la tierra y tipo de bosque, aplicado a las áreas obtenidas en los tres puntos en el tiempo del estudio.

La pérdida neta en el contenido de carbono para los cambios en los usos reportados en el territorio nacional para el período 2001-2010 es de 46.4 millones de toneladas de carbono. Esto resulta de la diferencia entre una captura de 5.6 millones de toneladas de carbono por regeneración de bosques y aumento de áreas con vegetación y una emisión de 52.0 millones de toneladas en áreas donde el bosque y/o la vegetación natural se perdió.

La pérdida neta de carbono almacenado es de 31.9 millones de toneladas para el período 2001-2006. En el segundo período evaluado 2006-2010 esta pérdida se reduce a más de la mitad con un valor de 14.5 millones de toneladas de carbono.

Se encuentra que el bosque donde más emisiones por deforestación se reportan es el Bosque Húmedo con Estación Seca Corta (ubicado en el norte de Petén, costa sur y frontera con el Salvador) donde se perdieron 37.2 millones de toneladas de carbono entre 2001-2010. Este es seguido por el Bosque Muy Húmedo (que se encuentra en las Verapaces e Izabal) con 10.9 millones toneladas de carbono emitidas debido a la pérdida de superficie boscosa.

## 2. El Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra

Desde el año 2001 un equipo de técnicos de varias instituciones de gobierno y no gubernamentales iniciaron un trabajo conjunto para crear el primero de una serie de mapas que muestran los cambios de la cobertura forestal del país. A diferencia de mapas anteriores en Guatemala, esta serie de mapas ha sido realizada con el aporte de todas las instituciones de gobierno relacionadas con el tema forestal, ambiental y de manejo de recursos naturales, y teniendo el apoyo técnico y financiero de varias instituciones académicas del país y del extranjero.

Ese trabajo conjunto dio sus frutos en la publicación de los mapas de cobertura forestal para Guatemala para los años 1991, 1996, 2001, 2006 y 2010 todos realizados con la misma metodología básica. Adicionalmente, en marzo de 2010 se firmó el convenio entre MARN, CONAP, INAB y UVG para formalizar la creación del entonces llamado Grupo de Mapeo Forestal. Dicho convenio fue rápidamente ampliado para incluir nuevas instituciones deseosas de apoyar esta importante iniciativa. Fue así como se agregaron el MAGA, la URL, la USAC, el IGN y recientemente SEGEPLAN. A la fecha se está coordinando la elaboración del nuevo convenio del grupo.

La ampliación del grupo para incluir nuevas instituciones viene de la mano con una ampliación de los alcances de los productos y tareas que el equipo técnico está visualizando para el futuro cercano. El trabajo ya no es únicamente de mapeo forestal ya que ha sido ampliado a un mapeo de otros usos del suelo, como es el caso de los mapas presentados en este informe. Pero más allá de los productos de mapeo, los requerimientos mundiales para nuestro país, derivados de convenios internacionales relacionados con problemáticas como el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y el avance de las zonas desérticas, crean la necesidad de contar en nuestro país con un sistema robusto de monitoreo del estado de nuestros ecosistemas, no solo desde el aire, sino complementado con mediciones en el terreno.

Es así como el grupo decidió ampliar su nombre de mapeo a monitoreo, para expresar el objetivo de desarrollar sistemas de observación remota que se complementen con sistemas de medición en campo, específicamente inventarios con parcelas permanentes que describan con más detalle los diferentes usos del territorio que se observan en nuestro país y los cambios observados a lo largo del tiempo.

Como parte de estas iniciativas también se ha puesto en funcionamiento el “Geoportal GIMBOT”. Esta es una nueva propuesta de tecnología que se suma al proyecto de Geoportal de la “Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala” –IDEG- liderado por el Sistema Nacional de Información Territorial –SINIT- de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia – SEGEPLAN-. El Geoportal GIMBOT permite la publicación de los productos y subproductos del presente proyecto e información de mapas ambos de libre acceso y soportados por una serie de softwares de Sistemas de Información Geográfica Web –SIG-Web de licencia libre, dicho Geoportal garantizará el acceso a información puntual y confiable sobre los bosques y los usos de la tierra.

Entre las cualidades del Geoportal destacan: la consulta abierta de información, ya sea la anterior generada por el grupo y también la más actualizada; fácil accesibilidad y gratuidad, es decir que cualquier usuario con acceso a internet podrá acceder a la información desplegada en el Geoportal, sin ninguna restricción de usuario y/o contraseña; retroalimentación, es decir que los usuarios podrán interactuar con los generadores de la información y por ultimo también permitirá el uso de herramientas básicas SIG-Web permitiendo el análisis de la información a nivel municipal.

El Geoportal GIMBOT puede accederse a través de dirección <http://www.gimbot.org.gt> y consta de un gran potencial para enriquecer la investigación y la toma de decisiones, en aras de lograr un mejor manejo de los valiosos recursos naturales con que ha sido bendecida nuestra patria Guatemala.

### 3. Antecedentes del Proyecto

La iniciativa de elaborar un mapa de bosques y uso de la tierra nace en el contexto de colaboración de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana –GIZ-, al anteriormente llamado Grupo de Monitoreo Forestal (actualmente GIMBOT), con el apoyo para el desarrollo del proyecto “Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010”. Tal colaboración ha continuado y permitido en este caso la ejecución de la primera fase del reciente Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012.

La cooperación alemana facilitó la obtención de 308 imágenes RapidEye (RE, actualmente BlackBridge), además se adquirieron 4 licencias institucionales para el uso de las mismas y 8 licencias del software IDRISI Selva®. Además se contrató un equipo técnico adicional al personal fijo del GIMBOT de 4 personas a tiempo completo; dicho aporte se canalizó a través de INAB.

En una segunda fase de proyecto se contó con la colaboración de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional -USAID-, quien a través de la iniciativa de Estrategia de Desarrollo de Bajas Emisiones – LEDS- (por sus siglas en inglés) concretó su aporte para completar el mapa de uso de la tierra y a la vez iniciar el trabajo de adecuación de los mapas existentes 2001, 2006 y 2010 para que sirvieran de base para los inventarios GEI en Guatemala. Ese aporte se canalizó a través de la UVG que tomó así el liderazgo del proceso.

Esta nueva cooperación fortaleció el equipo técnico con 5 nuevos especialistas y mantuvo los contratados en la fase 1 del proyecto, dando lugar a 9 técnicos adicionales a tiempo completo para ejecutar la fase 2. Además se adquirieron licencias de software PhotoScan®, Google Earth Pro®, 8 computadoras y se tuvo la oportunidad de hacer sobrevuelos en todo el país para tomar fotografías de alta resolución 2014 que apoyarán próximas productos de mapeo.

Los datos generados durante las dos fases del proyecto serán de gran utilidad en contextos de reporte y preparación para la República de Guatemala en el ámbito internacional en espacios como: Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) a cargo de FAO; Fase preparatoria de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques –REDD+- (por sus siglas en inglés), orientada al establecimiento de un Sistema Nacional de Monitoreo, liderado por MARN en nuestro país; y Fases iniciales de la iniciativa LEDS del Gobierno de Guatemala apoyada por USAID.



*Fase I: Taller Septiembre 2013 Laboratorio SIG-FAUSAC.*



*Fase II: Taller Abril 2014 Laboratorio SIG-UVG.*

## 4. Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012

### 4.1 Metodología

Las imágenes RE<sup>1</sup> adquiridas son generadas gracias a una constelación de 5 satélites BlackBridge LLC. Se caracterizan por ser de alta resolución espacial (5 metros), multispectrales (múltiples bandas, incluyendo bandas del infrarrojo cercano y de rojo extremo) y cubren superficies amplias. El proceso general se muestra en la figura 1.

La elaboración del Mapa de Bosques y Uso de la Tierra, como se mencionó brevemente en antecedentes constó de dos fases:

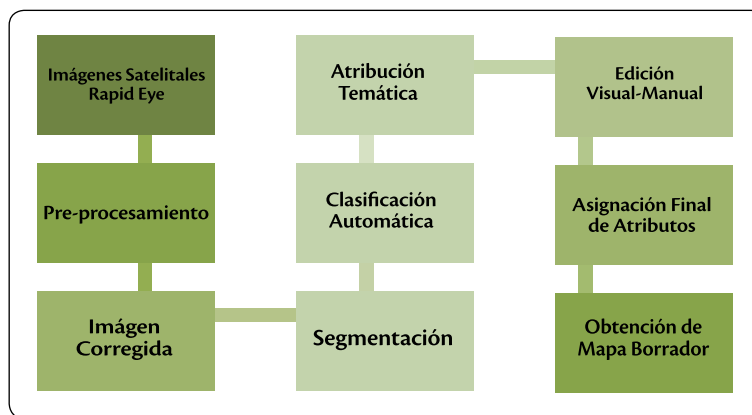


Figura 1. Flujograma Fase I.

#### 4.1.1 Fase I: Pre y post-procesamiento de las imágenes RE.

El pre-procesamiento incluyó los siguientes pasos: a) correcciones atmosféricas; b) ajuste a la proyección GTM haciendo uso de las ortofotografías aéreas (MAGA-IGN-RIC, 2006); c) Conversión de formato 16 bits a 8 bits. Con las imágenes corregidas se realizaron los siguientes pasos:

**a) Segmentación de las imágenes RE:** este procedimiento se realizó con el paquete geo-informático IDRISI Selva 17.02<sup>®</sup>, el cual agrupa píxeles con características similares en cuanto a su respuesta espectral, reduciendo el tiempo de digitalización en comparación a la forma manual, los parámetros fueron evaluados y propuestos por el Centro de Monitoreo y Evaluación -CEMEC/CONAP-.



Figura 2. Segmentación de imágenes.

**b) Clasificación de imágenes orientada a objetos:**

**Obtención de firmas espectrales:** este proceso se generó por medio de la combinación de diferentes capas nacionales: Cobertura vegetal y uso de la tierra MAGA 2003; Cobertura forestal 2010 INAB-CONAP-UVG-URL, Dinámica de la cobertura forestal 2001-2006-2010 INAB-CONAP-UVG-URL; Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala CECON-USAC; Modelo de probabilidad de Café 2007 INAB, CONAP, UVG, URL, Estudio de Mangle 2009 MARN; Capa de plantaciones boscosas (hule, palma africana) 2010 MAGA; todas estas capas fueron de utilidad para identificar áreas puras de coincidencia y obtener una capa de referencia a nivel nacional.

**Clasificación:** Utilizando el paquete geo-informático ArcGis 10.x<sup>®</sup>, se clasificaron las imágenes con base en la detección de firmas espectrales, proceso en el que se asignó a cada segmento como se muestra en la figura 2, una clase de uso de manera automatizada basándose en una aplicación generada por GIZ y adaptada al país, desarrollada con la herramienta Model Builder de ArcGis<sup>®</sup>.

**Ediciones manuales:** esta edición se elaboró para verificar y corregir algunos errores generados por la confusión de clases que la herramienta automática produjo en el primer borrador, este proceso se realizó por medio del entrenamiento de intérpretes para lo cual se efectuó una serie de talleres con el objetivo de que los analistas lograran diferenciar los usos de la tierra sobre las imágenes RE, además se auxiliaron de otras fuentes como la plataforma de Google Earth<sup>®</sup>.

<sup>1</sup> Incluye material © 2010-2012 BlackBridge S.à.r.l. Todos los derechos reservados



**Revisión de empalmes entre las 256 imágenes clasificadas:** se revisaron los empalmes entre cada escena y entre cada región para obtener un dato continuo que representara la distribución natural de los elementos que componen el territorio.

**Conversión de formato vectorial a raster:** luego de editar manualmente y revisar los empalmes por cada archivo segmentado, clasificado y verificado, este se transformó a raster, siendo filtrado y limpiado en el programa Erdas®.

El resultado de la fase I como se muestra en la figura 3, fue la identificación de las categorías: 1) Bosque de coníferas; 2) Bosque latifoliado; 3) Bosque mixto; 4) Bosque manglar; 5) Bosque seco; 6) Bosque secundario; 7) Humedales; 9) Arbustal-Matorral; 10) Hule; 11) No bosque; 12) Urbano; 13) Café 14) Cuerpos de agua; 15) Árboles dispersos; 16) Suelo desnudo; 40) Nubes; 41) Sombras.

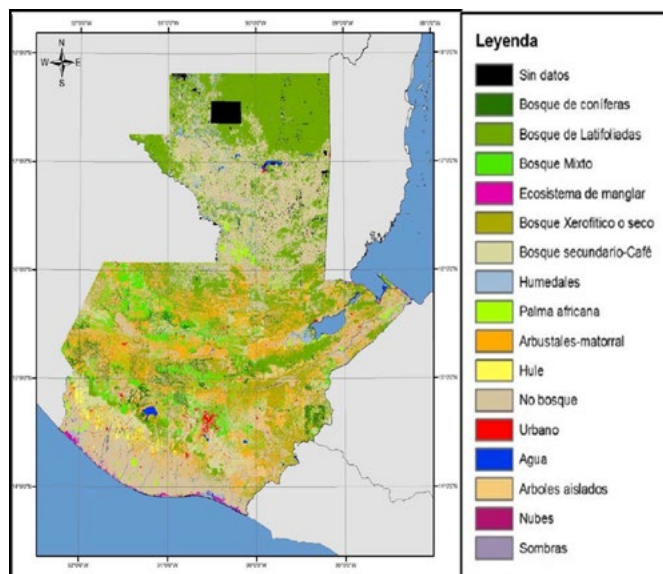


Figura 3. Primer borrador.

Fuente: Informe final, Catalán M. 2013.

#### 4.1.2 Fase II: Disgregación de la categoría 11 “No bosque” y actualización de los usos agrícolas.

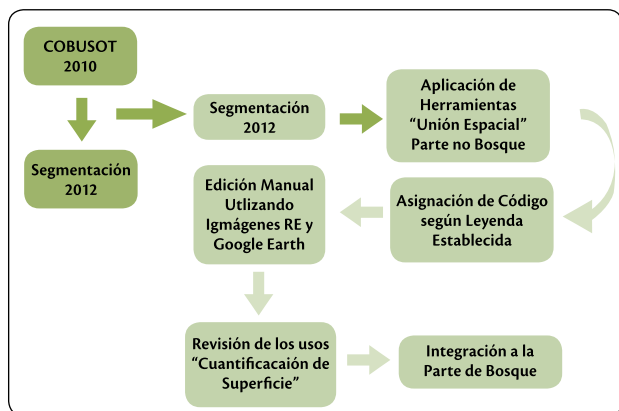


Figura 4. Flujograma Fase II.

Fuente: Informe final, Catalán M. 2013.

La segunda fase constó de los siguientes procesos:

**Definición de leyenda:** la información obtenida en la anterior fase se organizó utilizando como base la clasificación europea de cobertura y uso de la tierra, Coordination of Information of the Environment (CORINE Land Cover), adaptada a la República de Guatemala.

**Aplicación de método de herramienta “Unión Espacial” para la parte no bosque:** este método consistió en unir los atributos del Mapa COBUSOT MAGA 2010 con los atributos de la segmentación 2012 basándose en una relación espacial, donde la opción de coincidencia se refirió a los centroides. Este procedimiento se realizó a través de las tablas de atributos, que por medio de una matriz de coincidencia se compararon los usos 2010 y 2012, generando una nueva columna con el nuevo código, según el valor que le correspondía en la adaptación a la leyenda CORINE Land Cover.

**Edición manual:** luego de asignar los atributos se verificó de manera visual sobre la imagen de alta resolución, la coincidencia del COBUSOT 2010 con la segmentación 2012, editando y actualizando los cambios detectados en la imagen RE con soporte de la plataforma Google Earth.

**Revisión de los usos de la tierra:** para mantener un auto control para cada imagen, al finalizar la revisión realizada contra la imagen RE se elaboró una cuantificación de áreas y su obtuvo un promedio del 90 % de correspondencia entre el Mapa COBUSOT MAGA 2010 y la segmentación sobre imágenes RE 2012, este dato fue de utilidad para disminuir la subjetividad de la interpretación y como apoyo para mantener la tendencia de la dinámica agrícola.

**Integración de los mosaicos bosque y no bosque:** considerando el volumen de información generada por la segmentación de las imágenes RE, la integración de la parte agrícola (no bosque) se realizó sobre la última versión de la edición de bosque provista por INAB y las zonas de Peten e Izabal, trabajadas por CONAP integrando así la categoría denominada “No bosque”.

## 4.2 Resultados

Los resultados de áreas y porcentaje del territorio nacional para los usos de la tierra se muestran gráfica y porcentualmente en la figura 5.

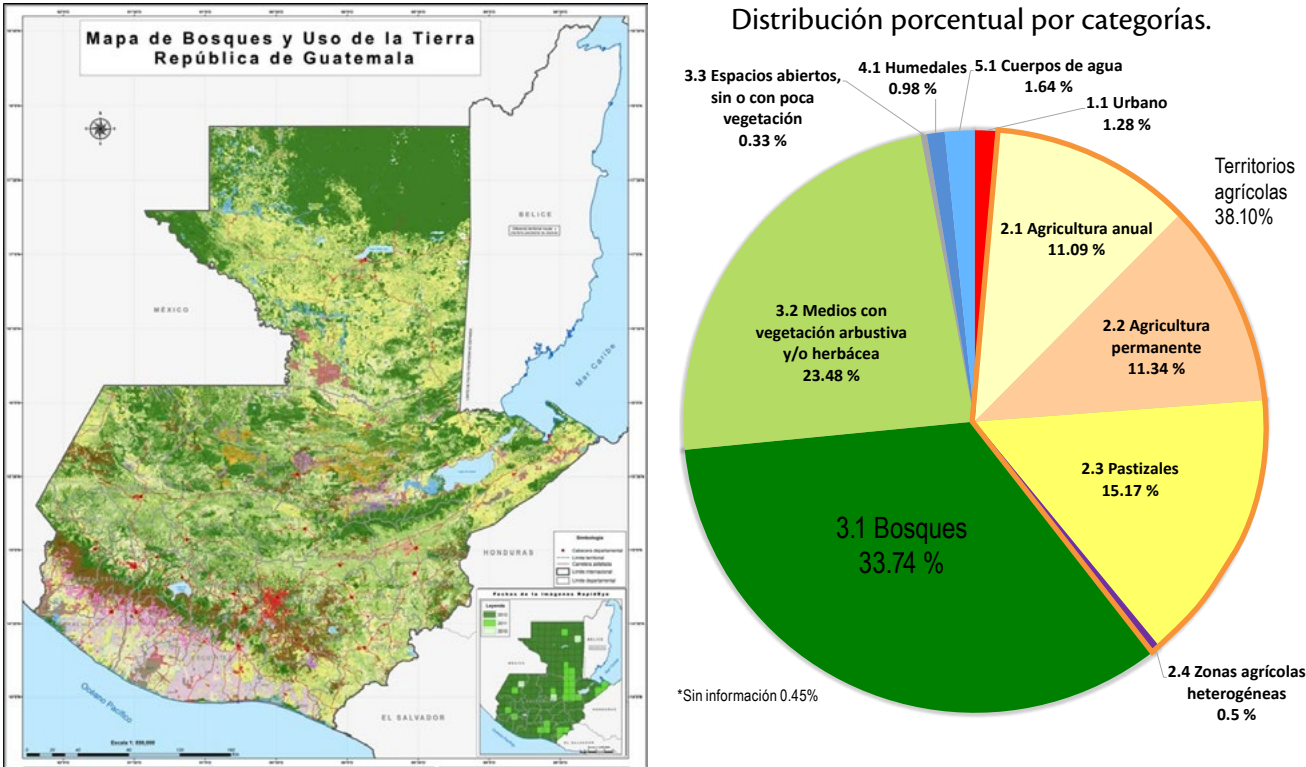


Figura 5. Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y distribución porcentual del uso de la tierra.

Cuadro 1 Distribución del uso de la tierra 2012.

Nivel 1	Nivel 2	Area (Ha)	(%)	Nivel 3	Area (Ha)	(%)	Nivel 4	Area (Ha)	(%)
1.Territorios artificializados	1.1 Urbano	139,470	1.28						
	2.1 Agricultura anual	1,207,446	11.09						
	2.2 Agricultura permanente	1,235,079	11.34	2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos	51,907	0.48	2.2.1.1 Banano-plátano	49,627	0.46
				2.2.2 Cultivos permanentes arbustivos	3,592	0.03	2.2.2.1 Café	457,284	4.20
				2.2.3 Cultivos permanentes arbóreos	31,195	0.29	2.2.3.1 Hule	82,405	0.76
							2.2.3.2 Palma africana	111,939	1.03
				2.2.4 Cultivos permanentes de plantas o tallos	96,922	0.89	2.2.4.1 Caña de azúcar	350,205	3.22
	2.3 Pastizales	1,651,807	15.17						
	2.4 Zonas agrícolas heterogéneas	54,227	0.50						
	3.1 Bosques	3,674,728	33.74						
	3.2 Medios con vegetación arbustiva y/o herbácea	2,557,914	23.48	3.2.1 Sabanas	23,596	0.22			
				3.2.2 Vegetación arbustiva baja (guamil-matorral)	2,465,031	22.6			
				3.2.3 Arboles dispersos	69,287	0.63			
	3.3 Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	35,861	0.33						
4. Zonas húmedas	4 Humedales	107,197	0.98						
5. Superficie de agua	5 Cuerpos de agua	179,095	1.64						
6. Sin información	6	47,232	0.45						
Total		10,890,056	100						

Como se puede observar en el cuadro 1, el país cuenta con el 1.28 % de territorio artificializado, refiriéndose principalmente a los asentamientos humanos, los territorios agrícolas ascienden al 38.10 % incluyéndose agricultura anual, permanente, pastos cultivados y zonas agrícolas heterogéneas, el bosque abarca el 33.74 %, los medios con vegetación arbustiva y/o herbácea cubren el 23.48 % incluyendo las sabanas del norte del país, vegetación arbustiva baja como guamiles y matorrales y árboles dispersos, 0.33 % corresponde a espacios abiertos, sin o con poca vegetación haciendo referencia a los conos de volcanes, arenas y zonas con pedregosidad, 0.98 % humedales y 0.45 de cuerpos de agua incluyendo ríos, lagos y lagunas.

Este producto es el primero realizado con imágenes de alta resolución multispectrales RE (5m), por lo que no son comparables estos resultados con otros mapas temáticos generados con imágenes de mediana resolución como Landsat (30 m), tal es el caso de los mapas de cobertura forestal 2001, 2006 y 2010, los cuales cuenta con 6 veces menos resolución espacial que el nuevo mapa generado.

### 4.3 Análisis de exactitud

Con el apoyo del INAB se generó una rejilla de puntos por cada escena como se muestra en la figura 6, las cuales tienen un espaciamiento de 3,000 m entre cada punto, por cada escena se generaron 64 puntos un total de 16,000 puntos para todo el país, similar al proceso de validación de exactitud que están haciendo en la Región Centroamericana con los mapas de Forestales y de Uso con imágenes RapidEye, apoyados por el programa REDD-CCAD/GIZ. Con ello se identificó la coincidencia de la clasificación contra imágenes de Google Earth como se muestra en la figura 7, entre las fechas 2011-2013. Al realizar la matriz de contingencia la coincidencia promedio alcanzada fue del 88 %. Es importante enfatizar que no se contó con verificación de campo para este mapa.

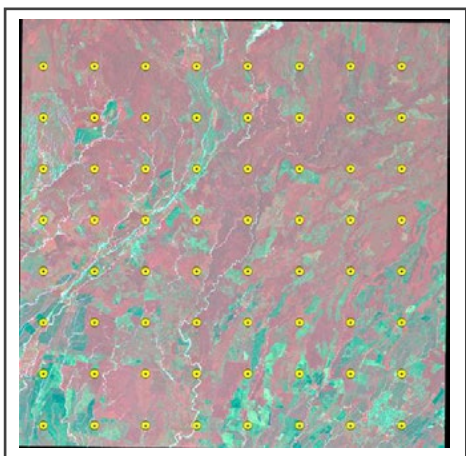


Figura 6. Rejilla de puntos sobre imagen RE.

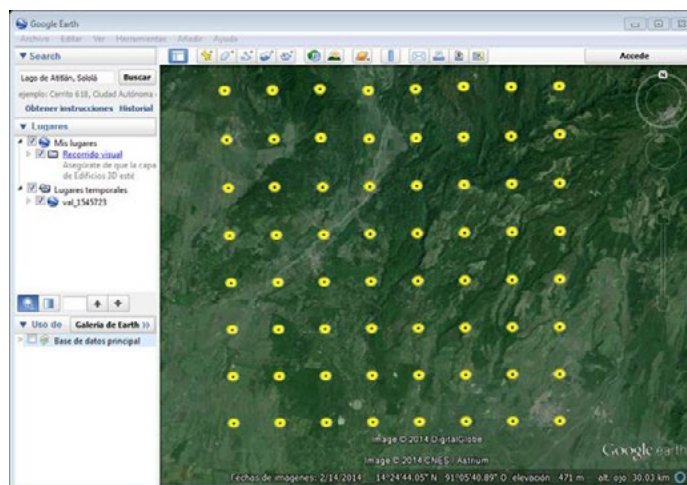


Figura 7. Rejilla de puntos sobre Google Earth.

## 5. Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001- 2010 para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El mapa de cambios en uso de la tierra ha sido realizado tomando como base los mapas de cobertura forestal para los años 2001, 2006 y 2010<sup>2</sup> previamente elaborados por el GIMBOT, los cuales representaban las clases de Bosque, No Bosque y Agua para el país. Solo en el caso de la subregión nacional REDD+ "Tierras Bajas del Norte" se incluía además la categoría "vegetación natural no forestal".

Los inventarios de GEI realizados previamente para el país no tuvieron acceso a la secuencia de mapas de cobertura forestal generados por el GIMBOT ya que dichos mapas fueron publicados posteriormente a la realización de los inventarios. Más aun, dichos mapas no pueden usarse directamente para hacer los cálculos necesarios porque no tienen el nivel de detalle en las categorías de no bosque. El objetivo de este segundo producto fue entonces generar una secuencia de mapas realizados con metodologías compatibles y que contengan las clases mínimas requeridas por el IPCC para elaborar un inventario de GEI.

2.- Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. / Universidad del Valle, Instituto Nacional de Bosques, Consejo de Áreas Protegidas, Universidad Rafael Landívar. (2011). Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la cobertura forestal 2001-2006.



En este caso la categoría de No Bosque se desagregó en las categorías mínimas de uso de la tierra establecidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) para estimación de GEI en el sector “Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura”<sup>3</sup>: Tierras Agrícolas y Praderas (no se separaron estas clases por tener el mismo contenido de carbono<sup>4</sup>), Humedales, Asentamientos y Otras Tierras.

Por su parte la categoría de Bosque se estratificó atendiendo a los tipos de bosque tropical para los cuales el IPCC reporta valores por defecto de contenido de carbono: bosques bajos y de montaña (arriba de 1,000 msnm) subdivididos según los rangos de precipitación mostrados en el mapa de isoyetas (INSIVUMEH años 1928-2003); Seco (menos de 1,000 mm de lluvia), Húmedo (1,000-2,000 mm) y Muy Húmedo (más de 2,000 mm).

La figura 8 refleja los mapas resultantes según los procedimientos de diferenciación de clases de uso de la tierra y la división en tipos de bosque por altura y régimen de humedad.

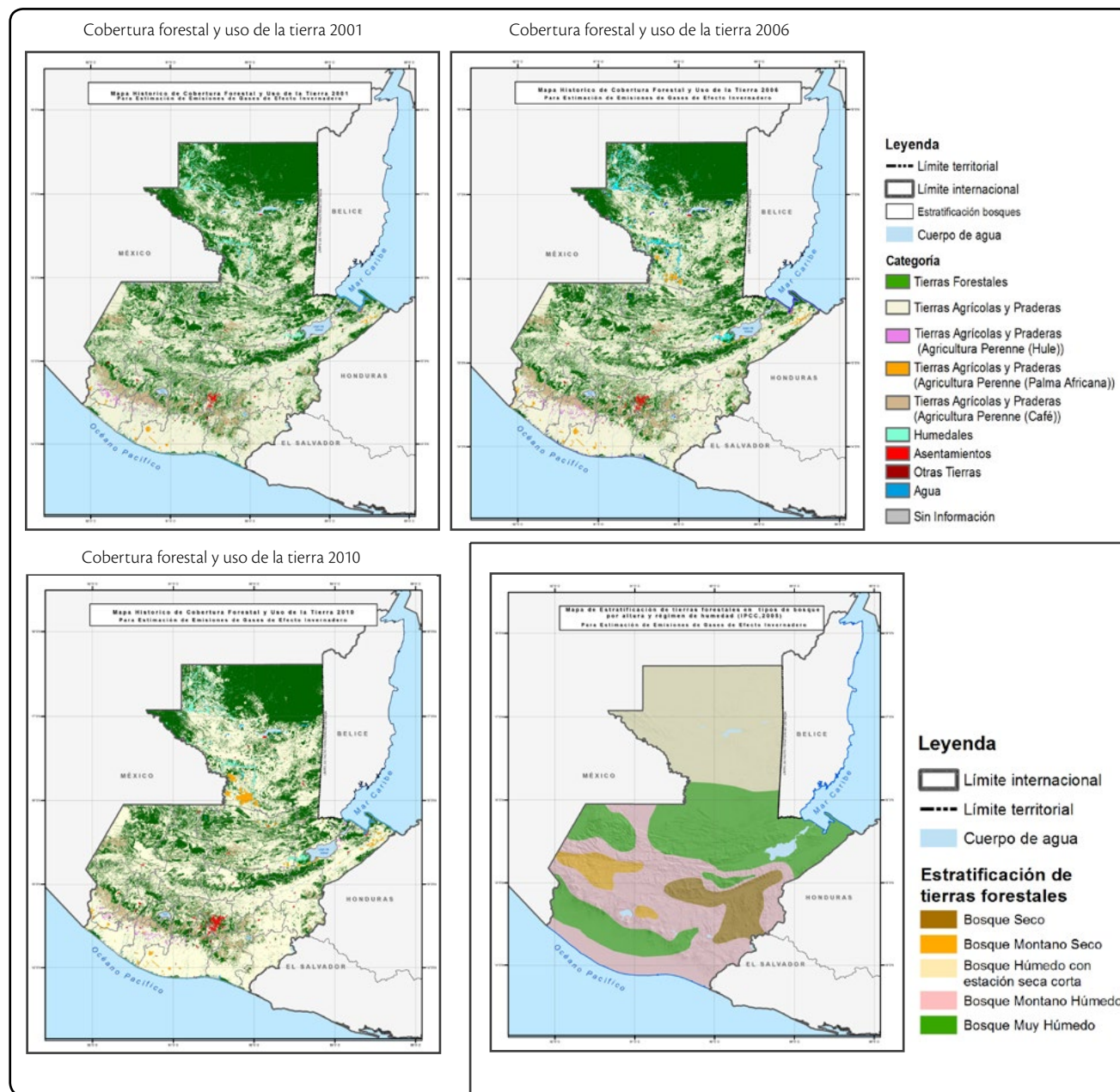
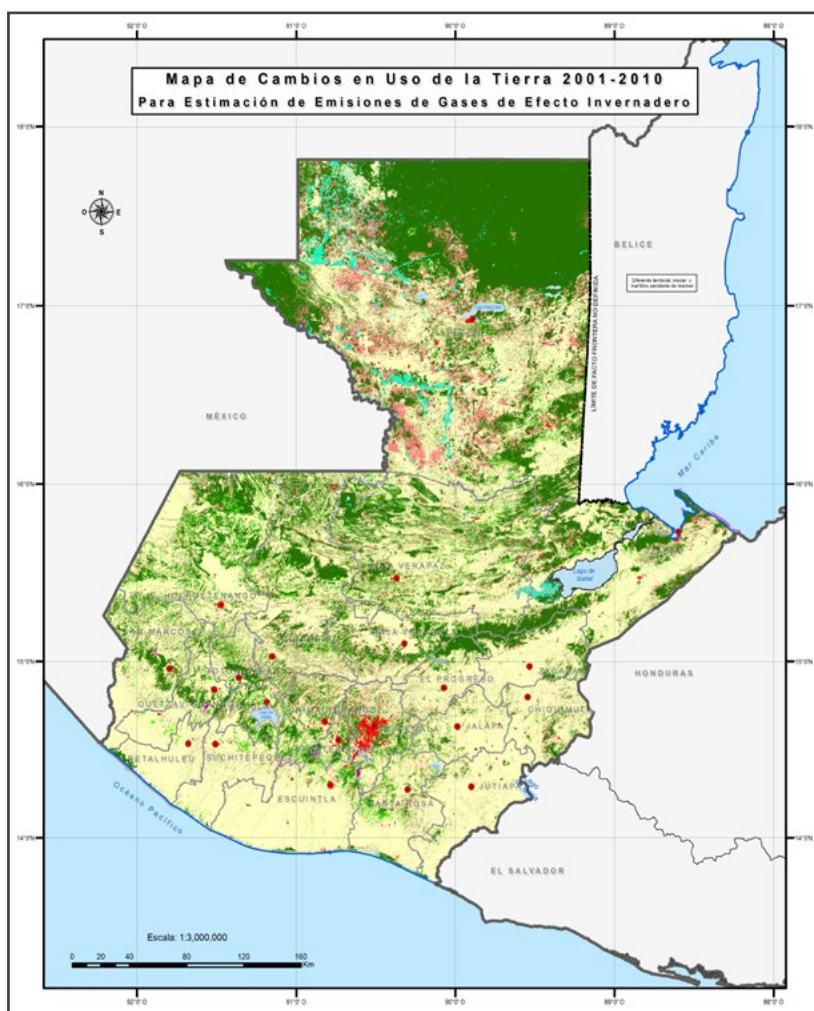


Figura 8. Mapas de Cobertura Forestal y Uso de la Tierra, años 2001, 2006 y 2010 y Mapa de estratificación de tierras forestales según categorías propuestas por el IPCC.

3.- IPCC, 2005. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (edición en español). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

4.- Pendiente de corroborar con datos de campo nacionales.





Categorías uso de la tierra y cambios 2001-2010 (IPCC,2005)		
	Hectáreas	Porcentaje
1. Tierras Forestales que se mantienen	3,122,830	28.679%
1.1 Tierras Forestales a Tierras Agrícolas y Praderas	1,033,638	9.493%
1.2 Tierras Forestales a Otras Tierras	984	0.009%
2. Tierras Agrícolas y Praderas	5,791,335	53.186%
2.1 Tierras Agrícolas y Praderas a Tierras Forestales	549,699	5.048%
2.2 Tierras Agrícolas y Praderas a Asentamientos	302	0.003%
2.3 Tierras Agrícolas y Praderas a Otras Tierras	598	0.005%
3. Humedales	9,006	0.083%
3.1 Humedales a Tierras Agrícolas y Praderas	718	0.007%
4. Asentamientos	54,154	0.497%
5. Otras Tierras	2,632	0.024%
6. Agua	209,496	1.924%
7. Sin Información	113,507	1.042%
<b>Total general</b>	<b>10,888,900</b>	<b>100.000%</b>

Figura 9. Mapa de cambios en cambio en uso de la tierra 2001-2010.

El análisis de los cambios del uso de la tierra en este período reflejan que 3,122,830 hectáreas de tierras forestales se han mantenido como tal, lo que representa aproximadamente el 29% del territorio nacional, mientras que la pérdida de bosques ha sido estimada en 1,034,622 hectáreas, principalmente por la transformación a Tierras Agrícolas y Praderas, con aproximadamente el 9,5% del país. También se reporta una ganancia de Tierras Forestales equivalentes a 549,699 hectáreas, un 5,08% entre los años 2001 y el 2010.

La superficie representada por Tierras Agrícolas y Praderas que se ha mantenido invariable representa 5,791,335 hectáreas, el 53.18% del total nacional, mientras que la pérdida equivale a 550,599 hectáreas, que han cambiado su uso a Tierras forestales, Asentamientos y en menor medida a Otras Tierras, que en su conjunto significan el 5.05%, según se observa en la figura 9.

Los cambios en otros usos de la tierra tales como Humedales, Asentamientos y Otras Tierras representan menos del 2% del territorio nacional. Por su parte 113,507 hectáreas, equivalentes a 1.04% del país han sido categorizadas sin información por representar áreas donde no existían datos por presencia de nubes en algunos de los años del período de análisis; o porque los datos no se consideraron comparables por representar cambios incoherentes entre categorías, justificados por diferencias en las clasificaciones de las imágenes de cada uno de los años estudiados.

## 5.1 Dinámica del contenido de Carbono en el período 2001-2010

Como antecedentes a este ejercicio ya se cuenta con el Primer Mapa Nacional sobre el Contenido de Carbono en los bosques y plantaciones de Guatemala, proyecto ejecutado por el CEAB-UVG con el apoyo financiero de FODECYT No 08-2008 (Castellanos, et. al, 2010) y las estimaciones realizadas en la subregión REDD+ Tierras Bajas del Norte como parte del proceso de construcción de la línea base de dicha subregión (WCS, CONAP, 2012).

Los datos de áreas bajo diferentes usos deben multiplicarse por el contenido de carbono de cada uno de los usos para obtener un dato de emisión o absorción de carbono. En una primera aproximación para completar la evaluación de emisiones debido a cambios en uso de la tierra, se utilizaron valores por defecto brindados por el IPCC para los contenidos de carbono de los diferentes usos.

El cuadro 2 refleja la dinámica en el contenido de carbono en los periodos 2001-2006 y 2006-2010; es importante aclarar que los cálculos del contenido de carbono que se muestran a continuación son indicativos y no constituyen un inventario de GEI oficial para el país.

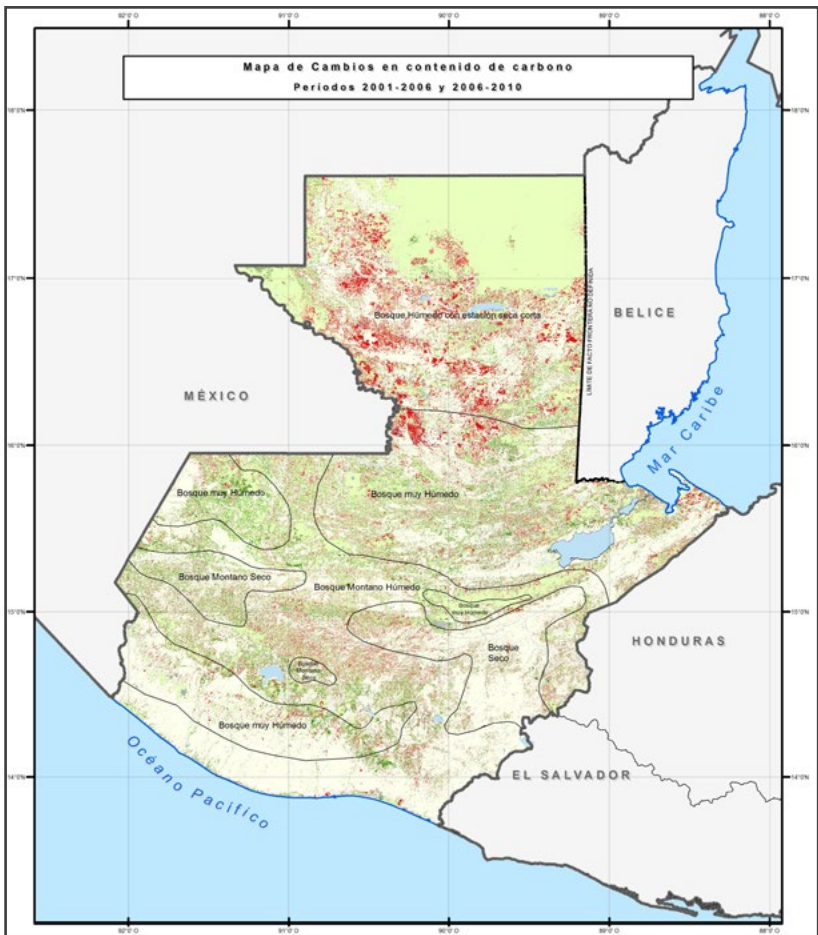


Figura 10. Mapa de cambios en el contenido de carbono 2001-2010.

La distribución espacial de esta dinámica es apreciable en la figura 10, donde se han delimitado los cambios por los periodos analizados acentuando con un color más intenso aquellos ocurridos en la última etapa y denotando las ganancias en color verde y las pérdidas en color rojo.

Cuadro 2. Comparación del contenido de carbono en los periodos 2001-2006 y 2006-2010.

		Densidad de carbono	Área 2001	Contenido de Carbono 2001	Área 2006	Contenido de Carbono 2006	Área 2010	Contenido de Carbono 2010	Cambios en área 2001-2006	Cambios en área 2006-2010	Cambio en contenido de C 2001-2006	Cambio en contenido de C 2006-2010
Unidades		tC/Ha	Hectáreas	miles ton C	Hectáreas	miles ton C	Hectáreas	miles ton C	Hectáreas	Hectáreas	miles ton C	miles ton C
Tierras Forestales	Bosque Seco	30	29756	893	22,620	679	19,579	587	-7,136	-3,041	-214	-91
	Bosque Montano Seco	39	151,313	5,901	151,882	5,923	145,937	5,692	569	-5,945	22	-232
	Bosque Húmedo con estación seca corta	108	2,159,464	233,222	1,924,139	207,807	1,814,719	195,990	-235,325	-109,419	-25,415	-11,817
	Bosque Montano Húmedo	117	639,727	74,848	631,847	73,926	624,670	73,086	-7,880	-7,176	-922	-840
	Bosque muy Húmedo	174	1,103,573	192,022	1,058,610	184,198	1,041,101	181,152	-44,963	-17,509	-7,824	-3,047
Tierras Agrícolas y Praderas	Agricultura anual, pastos cultivados y naturales	5	5,991,044	29,955	6,261,194	31,306	6,370,859	31,854	270,150	-109,665	1,351	548
	Agricultura Perenne (Hule)	50	27,354	1,368	33,613	1,681	37,220	1,861	-6,259	-3,608	313	180
	Agricultura Perenne (Café)	50	364,758	18,238	350,482	17,524	331,277	16,564	14,276	19,205	-714	-960
	Agricultura Perenne (Palma Africana)	50	20,708	1,035	49,937	2,497	84,265	4,213	-29,229	-34,328	1,461	1,716
Humedales		0	132,449	0	133,369	0	135,262	0	-921	-1,893	0	0
Asentamientos		0	39,105	0	51,084	0	63,570	0	-11,979	-12,486	0	0
Otras Tierras		0	4,122	0	4,110	0	4,366	0	12	-256	0	0
Agua		0	225,093	0	211,235	0	211,291	0	13,859	-56	0	0
Sin Información		0	435	0	4,780	0	4,782	0	-4,345	-2	0	0
Total			10,888,900	557,482	10,888,900	525,541	10,888,900	510,999	0	0	-31,941	-14,542

## 6. Conclusiones

El mapa de bosques y uso de la tierra 2012 indica que la distribución porcentual del territorio del país se divide en: 1.28% territorios artificializados (asentamientos humanos); 38.10% territorios agrícolas desglosados en 11.09% agricultura anual, 11.34% agricultura permanente, 15.17% pastizales y 0.5% zonas agrícolas heterogéneas; 33.74% bosques; 23.48% medios con vegetación arbustiva y/o herbácea; 0.33% espacios abiertos sin o con poca vegetación; 0.98% zonas de humedales; 1.64% cuerpos de agua; y 0.45% del territorio nacional sin formación por efecto de nubes o sombra.

El grado de coincidencia evaluado internamente por el equipo generador del mapa de bosques y uso de la tierra 2012 contra puntos determinados sobre imágenes de alta resolución es del 88 % sin haber realizado evaluación en campo.

El análisis de los cambios en el uso de la tierra en el período 2001 - 2010 refleja que 3,122,830 hectáreas de tierras forestales se han mantenido como tal, lo que representa aproximadamente el 29% del territorio nacional, mientras que la pérdida de bosque ha sido estimada en 1,034,622 hectáreas, principalmente en la transformación a Tierras Agrícolas y Praderas. También ha habido ganancias en cobertura forestal, por un total de 549,699 hectáreas, lo cual equivale a decir que el 5.08% del país ha revertido a ser bosque.

La pérdida neta en el contenido de carbono para los cambios en los usos reportados en el territorio nacional para el período 2001-2010 es de 46.4 millones de toneladas de carbono. Esto resulta de la diferencia entre una captura de 5.6 millones de toneladas de carbono por regeneración de bosques y aumento de áreas con vegetación y una emisión de 52.0 millones de toneladas en áreas donde el bosque y/o la vegetación natural se perdió.

La pérdida neta de carbono almacenado es de 31.9 millones de toneladas para el período 2001-2006. En el segundo período evaluado 2006-2010 esta pérdida se reduce a más de la mitad con un valor de 14.5 millones de toneladas de carbono.

## 7. Bibliografía

BlackBridge. (2013). Imágenes Satelitales: Especificaciones Técnicas. Versión 6.0. Noviembre. Versión en Español. 58 p.p.

Catalán, M. (2014). Informe de consultoría mapa COBUSOT, 2012 escala 1:25,000

Castellanos, E., Quilo, A., Montenegro, R., Sandoval, C. (2010). Elaboración del primer mapa de carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala. FODECTY 08-2008. Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 76 p.p.

Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2013) Propuesta de Proyecto "Elaboración del Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra 2012 y Revisión de los Mapas Históricos 2001 y 2006 como Insumos para el Proceso de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero del Sector Uso de la Tierra y Forestal para Guatemala. Preparada para la Oficina en Guatemala de USAID, Ciudad de Guatemala, Versión Revisada, Octubre de 2013.

Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010.

IPCC, (2005). Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (edición en español). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

MAGA-IGN-RIC (2006). Orto fotografías.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala (2006). Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra 2003.

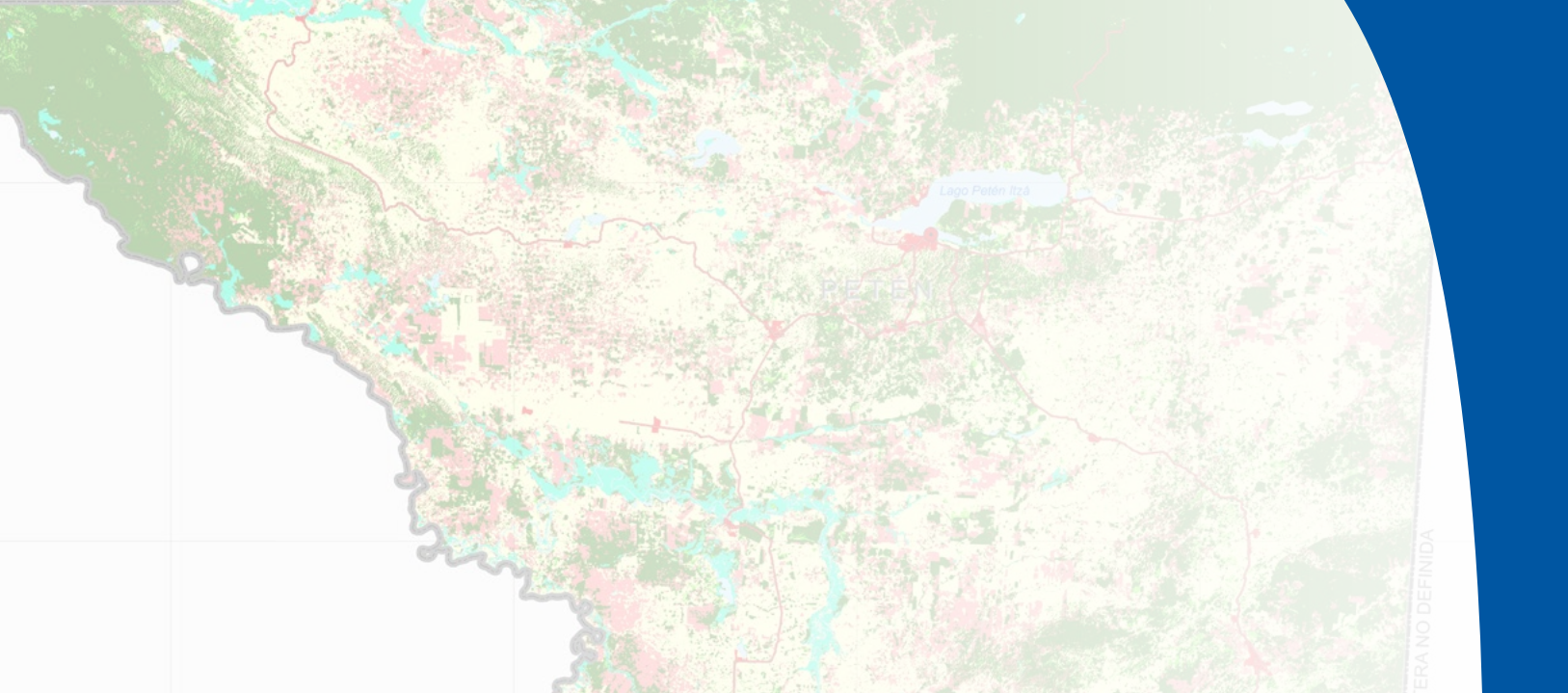
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala (2014). Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra 2010. Inédito

Universidad del Valle, Instituto Nacional de Bosques, Consejo de Áreas Protegidas. (2006). Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001, fase II: Dinámica de la cobertura forestal.

Universidad del Valle, Instituto Nacional de Bosques, Consejo de Áreas Protegidas, Universidad Rafael Landívar. (2011). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006.

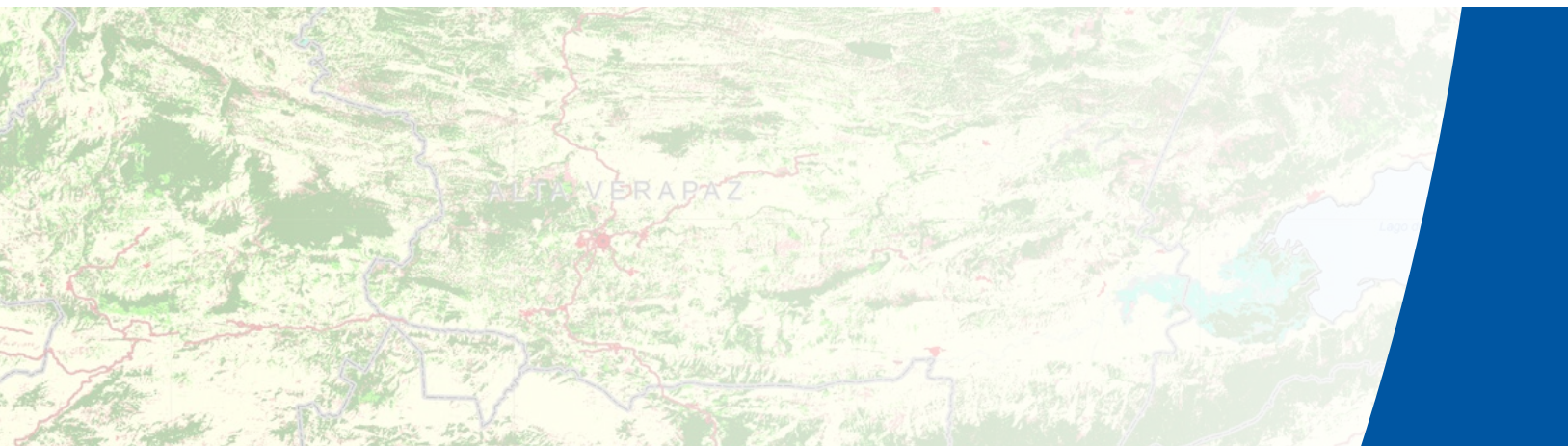
Wildlife Conservation Society, Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2012). Apoyo al desarrollo de una línea base para la región subnacional de Tierras Bajas del Norte de Guatemala.





## Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra

En marzo de 2010 se firmó el convenio entre MARN, CONAP, INAB y UVG para formalizar la creación del entonces llamado Grupo de Mapeo Forestal. Dicho convenio fue rápidamente ampliado para incluir nuevas instituciones deseosas de apoyar esta importante iniciativa. Fue así como se agregaron el MAGA, la URL, la USAC, el IGN y más recientemente SEGEPLAN. La ampliación del grupo para incluir nuevas instituciones viene de la mano con una ampliación de los alcances de los productos y tareas que el equipo técnico está visualizando para el futuro cercano. El trabajo ya no es únicamente de mapeo forestal ya que ha sido ampliado a un mapeo de otros usos del suelo, como es el caso del mapa presentado en este informe. Adicionalmente, se busca ampliar el monitoreo en campo del estado de los ecosistemas vistos desde los sensores remotos. Es así como el grupo decidió ampliar su nombre de mapeo a monitoreo, para expresar nuestro objetivo de desarrollar sistemas de observación remota que se complementen con sistemas de medición en campo incluyendo inventarios a nivel nacional del uso de la tierra.



## Agradecimientos:

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de: Cooperación Técnica Alemana –GIZ–, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional –USAID–, Servicio Forestal de los Estados Unidos y a la colaboración especial de LightHawk, Wildlife Conservation Society –WCS– y el Fondo Nacional para la Conservación de la Naturaleza –FONACON–.



Con el apoyo financiero de:



giz



CLIMA, NATURALEZA  
y COMUNIDADES  
en Guatemala



Colaboración de:



LightHawk