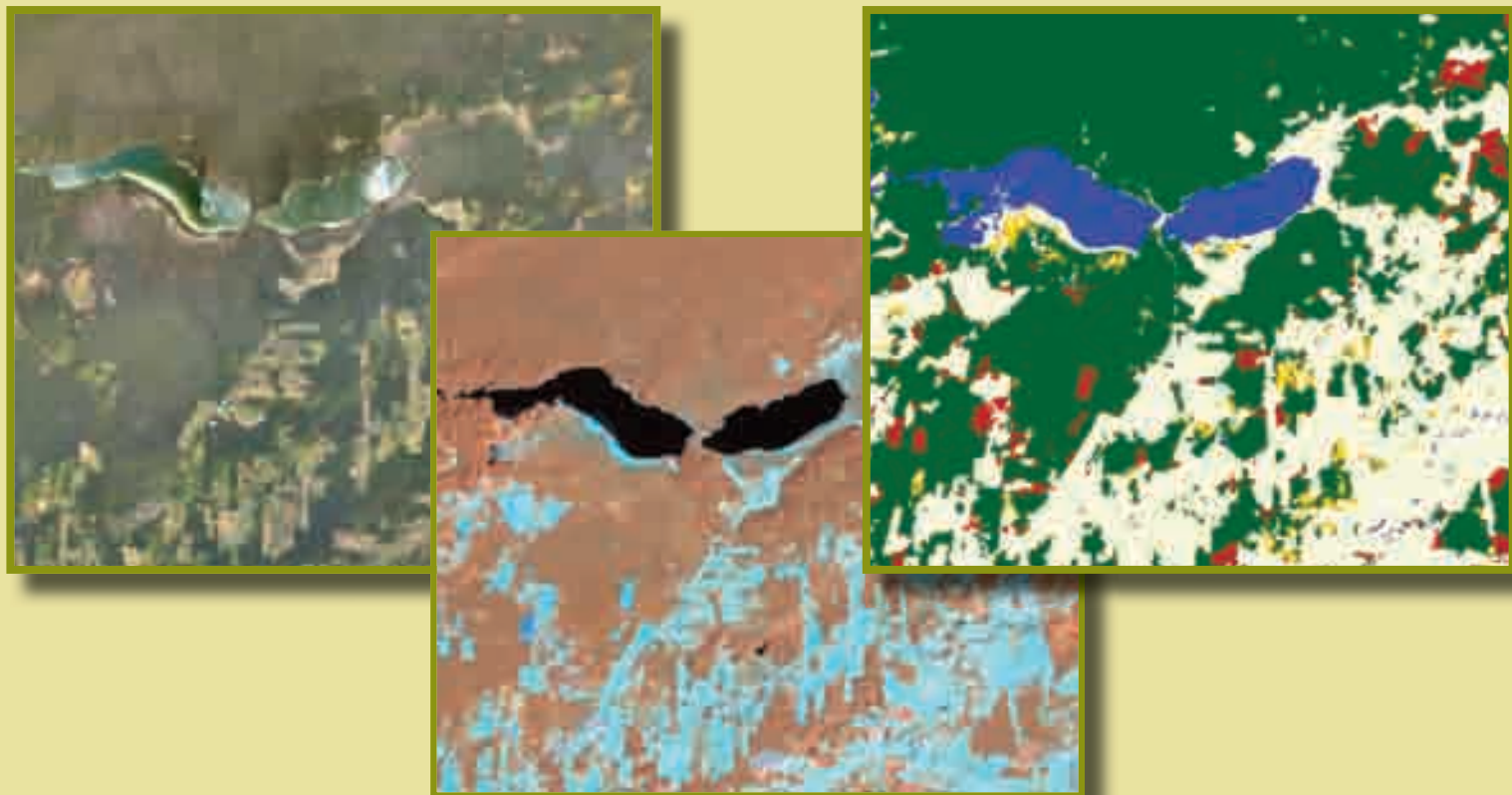


Instituto Nacional de Bosques  
Consejo Nacional de Áreas Protegidas  
Universidad del Valle de Guatemala  
Universidad Rafael Landívar



# Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

Guatemala, abril de 2012

Instituto Nacional de Bosques  
Consejo Nacional de Áreas Protegidas  
Universidad del Valle de Guatemala  
Universidad Rafael Landívar

## MAPA DE COBERTURA FORESTAL DE GUATEMALA 2010 Y DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL 2006-2010

**Informe elaborado por:**

Omar Regalado, Ximena Villagrán, Gerónimo Pérez, Edwin Castellanos, Genoveva Martínez y Diego Incer

**Sección de Áreas Protegidas elaborada por:**

Victor Hugo Ramos, Omar Molina, Genoveva Martínez, César Beltetón y Jorge Mario Gómez

GUATEMALA, ABRIL DE 2012



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

## **Participantes vinculados a este proyecto:**

### **Consejo Directivo:**

#### **Instituto Nacional de Bosques (INAB)**

Ing. Josué Morales

M.Sc. Adolfo Revolorio

### **Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)**

M.A. Mariela López Díaz

M.A. Omar Molina

Ing. César Beltetón

### **Universidad Rafael Landívar-Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (URL-IARNA)**

M.Sc. Juventino Gálvez

M.Sc. Pedro Pineda

### **Universidad del Valle de Guatemala (UVG)**

Dr. Edwin Castellanos

### **Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

Ing. Gustavo Suárez

M.Sc. José David Díaz

### **Coordinación Técnica:**

#### **Instituto Nacional de Bosques (INAB)**

Ing. Omar Regalado

Ing. Rolando Montenegro

Ing. Ricardo Urizandi

Lic. *In fieri* Alejandro Suárez

Licda. *In fieri* Ximena Hernández

M.Sc. Ximena Villagrán

Br. José Zúñiga

#### **Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)**

Ing. Víctor Hugo Ramos

Ing. Jorge Mario Gómez López

Lcda. Genoveva Martínez

#### **Universidad Rafael Landívar-Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (URL-IARNA)**

M.Sc. Gerónimo Pérez

Ing. Alejandro Gándara

Ing. *In fieri* Diego Incer

#### **Universidad del Valle de Guatemala (UVG)**

Dr. Edwin Castellanos

Br. Oscar González

Jorge Roldán

#### **Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

Ing. Alejandro Bosarreyes

Ing. José Gálvez

### **Fotografías de contraportada:**

Arq. Dafne Domínguez

Lic. Fernando Castro

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Universidad Rafael Landívar a través del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (URL-IARNA); la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit); Wildlife Conservation Society con el soporte financiero de la United States Agency for International Development (USAID), a través del proyecto Translinks, y del United Kingdom Department for International Development (UKaid), a través del proyecto DFID-RBM, Fundación para el Eco-desarrollo y la Conservación (FUNDAECO) y el Banco Mundial, a través del Registro de Información Catastral de Guatemala. Se agradece también el apoyo otorgado por las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Universidad del Valle de Guatemala.

# Índice

---

Presentación	5
1. Resumen	7
2. Antecedentes	9
3. Marco teórico	13
3.1 Definiciones adoptadas para el Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala (aprobadas por el equipo técnico en la realización del Mapa Forestal 2006 y transcritas a partir de tal informe)	14
3.1.1 <i>Relación entre diámetro de copa y altura mínima</i>	14
3.2 Procesamiento, interpretación y comparación de imágenes por satélite	15
3.3 Conversión a reflectancia y normalización radiométrica	15
3.4 Procedimiento de reparación de datos LANDSAT (GAP FILL)	17
4. Objetivos	21
4.1 General	21
4.2 Específicos	21
5. Metodología	23
5.1 Descripción global del proceso	23
5.2 Detalle de fuentes de información y distribución espacial y temporal de imágenes trabajadas por cada institución	24
5.3 Diagrama de flujo de las actividades realizadas	27
5.4 Selección de imágenes e intervalo de tiempo	28
5.4.1 <i>Conversión a reflectancia y normalización radiométrica</i>	28
5.4.2 <i>Gap Fill</i>	28
5.5 Precisión geométrica y proyección	28
5.6 Nubes y sombras	29
5.7 Obtención de puntos de control y verificación	29
5.8 Clasificación	29
5.9 Estimación del área de la cobertura de café	30

5.10 Filtros	32
5.11 Evaluación de precisión	32
5.12 Estimación de las tasas de cambio	32
6. Resultados	35
6.1 Dinámica de la Cobertura Forestal Nacional	35
6.2 Territorio de Guatemala	37
6.2.1 <i>Dinámica de la Cobertura Forestal</i>	37
6.2.2 <i>Tendencia del proceso de ganancia y pérdida de bosque</i>	37
6.3 Pérdida relativa de cobertura forestal a nivel municipal	40
6.4 Pérdida bruta de cobertura forestal a nivel municipal	41
6.5 Ganancia relativa de cobertura forestal a nivel municipal	42
6.6 Ganancia bruta de cobertura forestal a nivel municipal	43
6.7 Dinámica de cobertura forestal en Áreas Protegidas	44
6.8 Información por departamentos	52
7. Análisis de error de los resultados	97
8. Conclusiones	99
9. Bibliografía	101
10. Información de cobertura forestal a nivel municipal	103
11. Anexos	111
11.1 Variables detalladas que caracterizan la dinámica de la cobertura forestal dentro y fuera de Áreas Protegidas en los periodos 2000-2006 y 2006-2010	111

# Presentación

---

La Cobertura y Dinámica Forestal a nivel nacional para la República de Guatemala, ha sido objeto de estudio por un equipo interinstitucional que incluye entidades del Estado y de la Academia desde el año 2001. En dicho año la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) junto al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Instituto Nacional de Bosques (INAB) realizaron esfuerzos conjuntos para implementar un sistema de mapeo de la dinámica de la cobertura forestal de Guatemala. Como resultado de tal esfuerzo, se publicó con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) el Mapa de la Cobertura Forestal 2001, a inicios del año 2004. En el año 2006 se publicó el estudio de la Dinámica Forestal de Guatemala 1991-2001. Desde el año 2007, a solicitud del CONAP, se iniciaron los esfuerzos para actualizar el mapeo de la cobertura forestal para el año 2006 y Dinámica Forestal 2001-2006. A este esfuerzo de actualización se sumaron la Universidad Rafael Landívar a través del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (URL-IARNA) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y los resultados fueron publicados en mayo de 2011.

Ante la necesidad de contar con datos actualizados, tomando como plataforma institucional los resultados del Mapa de la Dinámica Forestal 2001-2006, así como la vigencia del convenio interinstitucional de mapeo forestal (conformado por INAB, CONAP, MARN, MAGA, UVG y URL-IARNA) se decidió impulsar un nuevo proyecto de mapeo, actualizando datos de cobertura forestal para el año 2010 y Dinámica Forestal 2006-2010.

En este proceso, se mantuvo el trabajo técnico entre los equipos de Sistemas de Información Geográfica (SIG) del INAB, URL-IARNA, CONAP y MARN. El equipo de UVG colaboró con el espacio físico y recursos de su laboratorio de SIG, así como asesoría técnica y su-

pervisión al proceso. Gracias al apoyo de GIZ, fue posible contar con un equipo de tres técnicos especialistas, dedicados a tiempo completo en el nuevo proyecto. Dos de ellos se ubicaron en UVG y uno en INAB.

La metodología utilizada en este proyecto fue la misma que se desarrolló para la elaboración del proyecto de mapeo 2001-2006. Este informe incluye el flujo de procedimientos que fueron replicados para la generación del nuevo mapa. Todos los procedimientos aquí descritos han sido discutidos y aprobados por los técnicos de todas las instituciones participantes en talleres de validación técnica, realizados con una frecuencia mensual en las distintas sedes del proyecto.

# 1. Resumen

---

Desde hace aproximadamente diez años, se han realizado esfuerzos de mapeo forestal a escala nacional, conjuntamente entre el Estado de Guatemala –específicamente INAB, CONAP, MAGA y recientemente MARN- y la Academia (UVG y URL-IARNA). En este informe, se describen los resultados del cuarto proyecto de mapeo ejecutado por tal grupo interinstitucional, e incluye el mapa de cobertura forestal de la República de Guatemala para el año 2010 y su dinámica forestal para los años 2006-2010. El objetivo de este mapa es una actualización del esfuerzo previo realizado por el mismo equipo técnico de trabajo para los años 1991, 1996, 2001 y 2006.

Se utilizaron datos de los sensores LANDSAT 5 y LANDSAT 7 como fuente primaria de información, correspondientes al año 2010, aunque en ciertas áreas se utilizaron imágenes de los años 2009 y 2011 en función de su calidad. Como fuentes de información secundaria, se utilizaron datos de ortofotos 2006 e imágenes del sensor ALOS-PRISM para el año 2010.

La cobertura forestal en el año 2010 para Guatemala fue estimada en 3,722,595 hectáreas, equivalente a un 34 % del territorio terrestre nacional. El valor de la cobertura forestal para el año 2006, publicado en mayo de 2011, fue revisado y se obtuvo uno nuevo estimado de 3,868,708 ha. Estos valores representan una pérdida neta de 146,112 ha de bosque, equivalentes a una tasa neta de deforestación del -1.0 % anual a nivel nacional (con respecto al total de bosque existente en 2006).

Los resultados muestran que la tasa neta de deforestación nacional continúa reduciéndose con respecto a los estudios anteriores (-1.43 % en



1991-2001 y -1.16 % en 2001-2006) lo cual responde a incrementos sustanciales en áreas con ganancia de cobertura forestal. Sin embargo, la deforestación bruta continúa incrementándose, alcanzando un área de 132,137 hectáreas anuales para el período analizado.

El 52.0 % de la cobertura forestal nacional se ubica dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), y éste a su vez cubre una tercera parte del territorio nacional. El restante 48.0 % de la cobertura forestal se distribuye, de manera fragmentada, en las otras dos terceras partes del país. Ante esta concentración de cobertura forestal dentro de Áreas Protegidas, por cada cuatro hectáreas de pérdida en el período 2006-2010, tres de ellas ocurrieron dentro del SIGAP y una fuera del mismo.

El mapa nacional de cobertura forestal 2010 y de dinámica forestal 2006-2010 cuenta con un grado de precisión del 91%, según evaluación de la misma a cargo de un equipo externo.

## 2. Antecedentes

---

El monitoreo de la dinámica de la cobertura forestal en Guatemala, usando métodos estrictamente digitales e imágenes de sensores remotos fue iniciado por los trabajos liderados por Steven Sader de la Universidad de Maine en colaboración con otras instituciones y que geográficamente se concentraron en el norte del departamento de Petén (Sader *et al.* 1994; Sader *et al.* 1997; Sader, 1999 y Sader *et al.* 2000). El Centro de Monitoreo y Evaluación de CONAP retomó el trabajo iniciado por Sader y lo ha continuado hasta la fecha, concentrándose en la misma región geográfica (Ramos y Bernal, 2001; WCS, 2002; CONAP, WCS, FIPA / AID en 2003 y 2004; CONAP, WCS en 2005 y 2006).

Desde el año 2000, la Universidad del Valle de Guatemala ha participado en el monitoreo de cobertura forestal de diferentes regiones del país. Se ha realizado un trabajo detallado para la región de Atitlán (Dix *et al.* 2003) y varios análisis a nivel municipal en apoyo a investigaciones donde se trata de vincular la dinámica forestal con el manejo que las municipalidades hacen de sus bosques (Andersson *et al.* 2006; Tucker *et al.* 2007).

A raíz de estos trabajos, en el año 2001 se inició un proyecto conjunto con el INAB, CONAP y MAGA (con recursos de FAO a través del Proyecto de Apoyo al PAFG) para realizar un mapa de cobertura forestal para el país. En 2006 fueron publicados los resultados del mapa de Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala entre los años 1991, 1996 y 2001; y mapa de cobertura forestal del 2001, que por primera vez en la historia del país presentó datos de cambios en la cobertura forestal basados en la interpretación digital de imágenes de satélite, usando una metodología estándar aplicada consistentemente a todo el territorio nacional (UVG, INAB, CONAP, 2006). Con el objetivo de darle continuidad surge la necesidad de realizarlo en forma periódica y que permita a las instituciones encargadas brindarle el seguimiento a los

cambios en la cobertura forestal y proponer las estrategias y acciones a emprender para recuperar la cobertura. Un avance palpable es la presentación oficial del mapa de cobertura 2006 y de Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006, que se llevó a cabo en el 2012, en el cual participaron UVG, CONAP, INAB, URL-IARNA y MARN.

En el año 2006, con la publicación del Mapa de Dinámica de Cobertura Forestal de Guatemala para los años 1991/1993-2001 se consolidó la base metodológica e institucional para continuar los esfuerzos de mapeo forestal en el país. Adicionalmente, para el año 2006 se contó con la cobertura de fotografía aérea de alta resolución ortorectificada (mejor conocidas como ortofotos) para todo el territorio nacional, lo cual permitió afinar y actualizar los métodos utilizados. Así mismo, la disponibilidad gratuita de imágenes satelitales con mayor nivel de procesamiento también ha mejorado y en la actualidad existe disponibilidad de imágenes que presentan ya una georeferenciación y ortorectificación (atributos que se ofrecen sin costo adicional) lo que facilita el análisis simultáneo de imágenes de diferentes fechas.

Gracias a lo anterior, el equipo técnico que trabajó la actualización del mapa forestal al año 2006 adaptó una metodología basada en los procedimientos del mapa 1991-2001 pero optimizada en cuanto al procesamiento y análisis de imágenes satelitales, así como a la incorporación de información de alta resolución proveniente de ortofotos. La meta lograda consistió en generar una metodología más reproducible que pudiese ser implementada en futuras iniciativas de mapeo a nivel nacional, y al mismo tiempo reconocida como un método válido para iniciativas estratégicas tales como inventarios de gases de efecto invernadero o inventarios de línea base para desarrollar proyectos de fijación de carbono en bosques y de deforestación evitada.

Este método actualizado para el año 2006, fue replicado exitosamente para revisar el mapeo forestal del año 2001, y es el método utilizado en el presente esfuerzo de mapeo forestal para el año 2010.

El proyecto incluido en el presente informe, corresponde al sexto esfuerzo a nivel nacional por generar un mapa de cobertura forestal basado en la interpretación de imágenes satelitales:

- El primer esfuerzo en este sentido se dio en 1988 a iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, según sus siglas en inglés), por medio de la oficina del Plan de Acción Forestal para Guatemala, PAFG.
- En 1999 el Instituto Nacional de Bosques, INAB, inició un segundo esfuerzo por delinear no sólo las áreas con bosques sino lo que se llamó asociaciones, es decir áreas con fragmentos de bosque intercalados con otros usos del suelo. Paralelamente, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación generó un Mapa de Uso de la Tierra, que incluía una capa de cobertura forestal, ligeramente distinta a la reportada por INAB.
- En el año 2000 la Universidad del Valle de Guatemala, UVG, inicia un estudio de la dinámica forestal de varias municipalidades de Guatemala en apoyo a una investigación iniciada por la Universidad de Indiana en Estados Unidos. Dicho estudio evolucionó en el Mapa Nacional de Cobertura Forestal 2001, siendo este el tercer esfuerzo.
- El cuarto esfuerzo fue una continuación del anterior, generando un Mapa de la Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 –(El cual incluyó una revisión al mapa de cobertura forestal 2001).
- El quinto esfuerzo culminó en mayo de 2011, con la publicación del Mapa de Cobertura Forestal 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006, con el principal apoyo financiero del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONACYT.

El Mapa de Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 2006 y 2010 incluye la generación de un mapa nacional forestal para 2010, y una revisión parcial de la cobertura forestal del año 2006 (publicada en mayo 2011).

Todos los mapas citados han utilizado como fuente de datos principal, las imágenes de satélite correspondientes a los sensores LANDSAT. Los últimos cuatro proyectos cuentan con un nivel de detalle a escala 1:50,000, y los primeros dos de 1:250,000.

El cuadro 1 describe los resultados de todos los esfuerzos anteriores.

<b>Cuadro 1.</b> <b>Resultados de mapeos forestales en Guatemala</b>		
<b>Proyecto</b>	<b>Año de Estudio</b>	<b>Cobertura Forestal (% del Territorio Nacional)</b>
FAO-PAFG	1988	53%
INAB	1999	35% (23% más en asociaciones)
UVG, INAB, CONAP, MAGA, PAFG	2001	39.9%
UVG, INAB, CONAP	2001 (Dinámica 1991-1996-2001)	41.7%
UVG, CONAP, INAB, URL-IARNA	2001 (Dinámica 2001-2006)	38%
UVG, CONAP, INAB, URL-IARNA	2006 (Dinámica 2001-2006)	36%



### 3. Marco teórico

---

Como un medio de continuidad a la descripción de cobertura de uso del suelo, en este caso específico, de cobertura forestal, la información obtenida por sensores remotos continúa siendo la fuente única a nivel nacional de datos geográficos. Al igual que en el desarrollo de proyectos pasados, estos brindan datos históricos que permiten hacer análisis en distintos períodos de tiempo.

Para el territorio de Guatemala, la principal fuente proviene de los sensores LANDSAT, operados por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés). Estos satélites han estado observando el planeta desde el inicio de la década de los años 70, primero con el sensor MSS (Multi Spectral Scanner) en los satélites 1, 2 y 3, complementado en la década de los años 80 con el sensor TM (Thematic Mapper) en los satélites 4 y 5, y sustituido en la pasada década por el ETM (Enhanced Thematic Mapper) colocado en el satélite 7 (el satélite 6 nunca alcanzó órbita). Desafortunadamente, en 2004, el sensor ETM del LANDSAT 7 se averió, rompiendo así la secuencia más larga existente de información digital de una misma familia de satélites (los anteriores satélites ya estaban fuera de operación) (UVG *et al.* 2006).

Los satélites LANDSAT sobrevuelan el mismo punto del planeta cada 16 días captando imágenes en seis diferentes bandas de luz, tres visibles y tres infrarrojas cercanas, todas con una resolución espacial de 30 metros (cada unidad de información de 30 m se denomina píxel). Adicionalmente, se capta una banda de luz infrarroja térmica con una resolución de 60 metros y una banda pancromática con una resolución de 15 metros (sólo en el LANDSAT 7). Esa resolución espacial se considera intermedia y es apropiada para mapeos de regiones relativamente extensas con detalles adecuados para escalas de 1:50,000 (UVG *et al.* 2006). Cada imagen LANDSAT cubre un área de 180 x 180 Km.

Aunque existen soluciones para reducir los vacíos de información ocasionados por las fallas mecánicas del sensor a bordo del satélite LANDSAT 7, resulta necesario complementar datos con información de sensores adicionales y además obtener información de mayor resolución espacial y así tener una mayor certeza de la cobertura forestal reportada para el país.

Para el presente estudio, se ha considerado el uso de imágenes del sensor ALOS PRISM, el cual es de carácter pancromático y su resolución espacial es de 2.5m x 2.5m por píxel. El uso de estas imágenes tiene dos propósitos, el de verificar áreas con duda en la clasificación inicial y verificar la precisión final del mapa generado. Se pudo adquirir un set de alrededor de 50 imágenes ALOS PRISM que cubren alrededor de la mitad del territorio nacional.

### **3.1 Definiciones adoptadas para el Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala (aprobadas por el equipo técnico en la realización del Mapa Forestal 2006 y transcritas a partir de tal informe)**

- *Árbol = Planta leñosa con fuste y copa definida con crecimiento secundario que en su estado de madurez alcanza una altura mínima de 5 metros y un diámetro mínimo de 10 cm.*

Con este concepto se excluyen los bambúes y las palmas.

- *Arbusto = Planta leñosa con uno o varios troncos o tallos principales pero que no alcanza los 5 metros de altura en su madurez.*
- *Bosque = Superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 30%-40%, formando una masa continua de un mínimo de 0.5 hectárea (5 píxeles) con un ancho mínimo de 60 metros (2 píxeles).*

Espectralmente el café con sombra se comporta de forma muy similar al bosque, sin embargo, a pesar de ser ecológicamente muy parecidos, para este proyecto se considera como una capa aparte. Para proyectos de fijación de carbono sí es deseable que en un futuro se incluya.

#### **3.1.1 Relación entre diámetro de copa y altura mínima**

Las definiciones citadas implican que es necesario hacer dos tipos de mediciones para decidir si un tipo de cobertura es bosque: la altura de la vegetación y el cierre de copa de árboles. Estas mediciones son relativamente fáciles de hacer en visitas de campo, pero en el presente proyecto de mapeo se pretende usar información recabada de fotografías aéreas de alta resolución para sustituir las visitas de campo que son costosas y difíciles de completar. Se espera con esta práctica que se logre un mayor número de puntos de “entrenamiento” y control para clasificar las imágenes satelitales.

Por otro lado, se presenta el problema de poder hacer las mediciones de altura y copa en las fotografías aéreas. La segunda medición no debe presentar problema ya que las fotografías de alta resolución muestran con buena claridad las copas de árboles individuales. El proceso de medición puede ser tardado pero es posible, y puede ser acelerado si se genera una plantilla estándar que muestre diferentes niveles de cierre de copa. La primera medición, de altura de vegetación, no es posible hacerla con fotografía aérea y es posible medirla directamente con sensores de tipo radar. Se tomó entonces la decisión de usar el diámetro de copa como una medida indirecta de la altura de la vegetación. Varios estudios presentados en la literatura científica (Alves, Santos, 2002), (King, D. 1996), (Poorter, Bongers y Bongers, 2006) muestran que hay una relación entre la altura de una planta y el diámetro de su copa. Este tipo de relaciones matemáticas, indican que una planta con una copa de 2 metros de diámetro tendrá más de 5 metros de altura. Esta relación puede entonces ser usada con las fotografías aéreas para confirmar la altura de la vegetación en caso que haya duda si la cobertura es bosque o algún otro tipo de vegetación.

### 3.2 Procesamiento, interpretación y comparación de imágenes por satélite

Previo a cualquier análisis mediante imágenes de satélite, como el caso de mapeo forestal, deben aplicarse dos procedimientos digitales pre-procesamiento: Corrección Geométrica y Conversión a Reflectancia (o corrección radiométrica). El primer tipo de correcciones hace que la imagen en cuestión corresponda adecuadamente a un espacio geográfico real. Esto se logra mediante los procesos de georeferenciación y ortorectificación. Como su nombre lo indica, la georeferenciación busca puntos en común de referencia entre la imagen y un mapa de resolución adecuada que corresponda al área representada por la imagen. Alternativamente, se pueden usar puntos de campo con coordenadas conocidas mediante el uso de un GPS. La ortorectificación es un proceso más complejo que requiere información de la topografía del terreno representado por la imagen. Este proceso no sólo corrige distorsiones espaciales causadas por topografía, sino también distorsiones debidas a la curvatura de la tierra y a los ángulos variables de los rayos de luz incidentes en el detector (UVG *et al.* 2006).

Para el caso de las imágenes LANDSAT y ALOS adquiridas para el presente estudio, el proceso de georeferenciación y ortorectificación fue realizado por los proveedores de los datos crudos, respectivamente la NASA y la ASF (Alaska Satellite Facility). Al obtener los datos, son revisados para evaluar si los datos geográficos se corresponden con los datos históricos. En todos los casos dicha correspondencia fue muy alta y permitió trabajar con las imágenes sin la necesidad de realizar procedimientos adicionales de corrección geométrica.

La corrección radiométrica busca minimizar efectos de variación en la cantidad de luz que llega al detector debido a variaciones en la posición del sol y disminución en la sensibilidad del detector. Esto se logra transformando la información contenida en la imagen original (cantidad de luz reflejada y detectada) por valores de reflectancia, que es una constante propia de cada tipo de superficie que refleja luz. En una segunda etapa más compleja, la corrección radiométrica puede buscar minimizar efectos de variación debido a condiciones atmosféricas variables. Este proceso es mucho más difícil de completar, y por tanto frecuentemente no realizado, porque requiere conocimientos de valores de reflectancia de diferentes superficies (UVG *et al.* 2006).

Si clasificar una imagen presenta grandes retos, comparar dos para buscar diferencias es aún más complicado. El mayor problema estriba en separar las variaciones reales causadas por cambio de uso de la tierra, de las variaciones naturales y artificiales dentro de un mismo uso de la tierra mencionadas en el párrafo anterior. Lo importante aquí es asegurarse que ambas imágenes a comparar hayan sido corregidas radiométricamente, de tal manera que los usos de la tierra se vean en efecto similares en ambas imágenes (UVG *et al.* 2006).

### 3.3 Conversión a reflectancia y normalización radiométrica

La capacidad de detectar y cuantificar cambios en el ambiente terrestre depende de sensores que puedan proveer datos calibrados (valores de precisión y exactitud conocidos) y mediciones consistentes de la superficie terrestre a través del tiempo. La interpretación correcta de información científica de una serie de productos de sensores remotos, a nivel global y de largo plazo requiere de la capacidad de poder reconocer entre artefactos del producto (ocasionados por el sensor remoto) y los cambios en la superficie terrestre monitoreados (Roy *et al.*, 2002). La caracterización radiométrica y su calibración es un prerrequisito para la generación de datos aptos para estudios científicos de alta calidad, y consecuentemente, los productos derivados de tales datos son de una calidad superior (Chander *et al.*, 2009).

El proceso de calibración de datos radiométricos para las imágenes de satélite utilizadas en la generación del Mapa de Cobertura Forestal 2006 (y 2010) es el de conversión de números digitales a datos de reflectancia exoatmosférica (correspondientes al tipo de datos denominados *Top of Atmosphere* (TOA en inglés)).



El proceso de conversión a reflectancia exoatmosférica, también conocido como albedo planetario en banda permite una reducción en la variabilidad de escena a escena. El uso de datos de reflectancia TOA brinda ciertas ventajas técnicas. Primero, el proceso remueve el efecto de coseno de diferentes ángulos de zenit solar debidos a la diferencia de tiempo entre la adquisición de imágenes; segundo, en el caso de usar datos de distintos sensores, los datos de reflectancia TOA compensan diferencias de valores de irradiancia exoatmosférica solar causadas por diferencias espectrales entre bandas; y, tercero, los datos de reflectancia TOA corrigen la variación en la distancia Tierra-Sol entre distintas fechas de adquisición de datos. Estas variaciones pueden ser significativas a nivel geográfico y temporal.

Los valores de reflectancia TOA de la Tierra se obtienen mediante la ecuación:

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * d^2 \div ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s$$

En donde

$\rho_{\lambda}$  = Reflectancia exoatmosférica (sin unidad de medida)

$\pi$  = pi, Constante matemática equivalente a ~ 3.14159 (sin unidad de medida)

$L_{\lambda}$  = Radiancia espectral según la apertura del sensor

$d^2$  = Distancia entre la Tierra y el Sol (unidades astronómicas)

$ESUN_{\lambda}$  = Irradiancia exoatmosférica solar media

$\theta_s$  = Ángulo del zenit solar (grados)

Una vez realizado el proceso de calibrar los datos a valores de reflectancia exoatmosférica, se procede a realizar el proceso de normalización radiométrica. El propósito de este procedimiento, es el de homologar números digitales con imágenes de distintas fechas. La radiación reflejada por la misma superficie varía de acuerdo a condiciones atmosféricas o cantidad de luz, por lo que dos imágenes del mismo sitio, pero de distinta fecha, cuentan con información digital sujeta a ser normalizada.

Para realizar este paso se diferencian y se extraen elementos que no presenten variación alguna o tengan una mínima variación a lo largo del tiempo, tal como: lagos profundos, parques en poblados (planchas de cemento) y bosques maduros alejados de cualquier intervención. Luego se exportan los números digitales a hojas Excel. Seguidamente se hacen regresiones lineales para lograr la homologación digital.

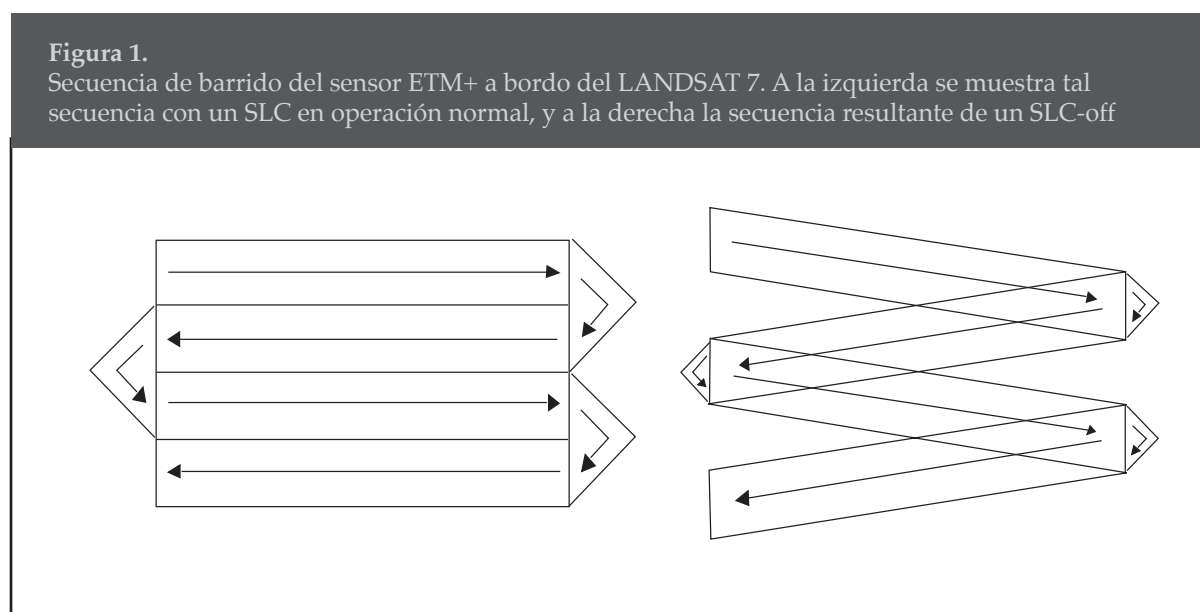
En otras palabras, se buscan puntos claramente visibles en una imagen que no estén sujetos a cambios en función del tiempo, y estos sirven como referente geográfico y poder procesar imágenes de distintas fechas.

La imagen base a corregir será la imagen del año central *circa* 2000, por que no tiene SLC-off, considerándose usar esta misma imagen para corregir el resto de imágenes a futuro.

Todos los procesos descritos en esta sección fueron realizados mediante herramientas digitales creadas específicamente para estos propósitos por el ingeniero Víctor Hugo Ramos. Dichas herramientas tienen como plataforma el programa de cálculo Microsoft Excel® y el paquete de Software ArcGIS®.

### 3.4 Procedimiento de reparación de datos LANDSAT (GAP FILL)

El 31 de mayo de 2003, el Corrector de la Línea de Barrido (Scan Line Corrector o SLC, por sus siglas en inglés), el cual compensa el movimiento delantero del movimiento del sensor LANDSAT 7, reportó fallas en su funcionamiento. Pese a subsecuentes esfuerzos por parte de la NASA no tuvieron éxito en su reparación, por lo que tales fallas resultaron ser permanentes. Sin un SLC funcional, la línea de captura del sensor a bordo del LANDSAT 7 (Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)) forma una línea de barrido sobre la superficie registrada en forma de un patrón de zigzag. Como resultado, ciertas áreas de una imagen dada son duplicadas, con una extensión que se incrementa hacia la orilla de una imagen determinada. La siguiente figura muestra la secuencia de barrido con un SLC funcional y con un SLC dañado (condición denominada en jerga técnica como “SLC-off”).



(NASA-USGS 2010)

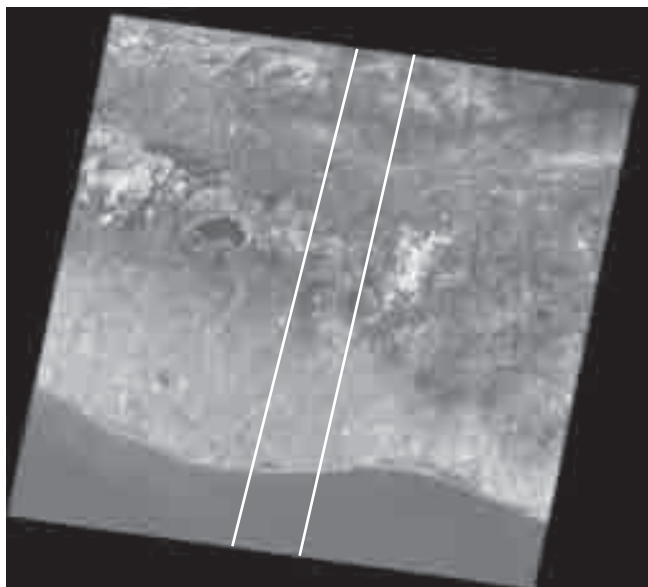
El LANDSAT 7 ETM+ aún es capaz de adquirir información de utilidad, con el SLC-off, particularmente a lo largo de la región central de cualquier imagen dada. Por esto, el LANDSAT 7 ETM+ continúa adquiriendo datos en este modo. Toda la información adquirida en modo SLC-Off cuenta con la misma calidad de datos a nivel geométrico y radiométrico que los datos previos al fallo del SLC.

Los efectos del SLC-off son más pronunciados a lo largo de las orillas de una imagen y estos van reduciendo gradualmente hacia el centro de la misma. El centro de la imagen, con aproximadamente 22 kilómetros de ancho en una imagen, contiene muy poca duplicación de barrido o pérdida de datos, y esta región de la imagen es muy similar en calidad a imágenes LANDSAT 7 previas (con un correcto funcionamiento del SLC).

Un estimado de un 22 por ciento de una imagen es completamente perdido a raíz de la falla del SLC (ver figura 7). El ancho máximo de las franjas sin datos a lo largo de las orillas de una imagen sería el equivalente a una línea completa de barrido, o aproximadamente 390-450 metros. La ubicación precisa de las líneas de barrido faltantes varía de imagen a imagen.

**Figura 2.**

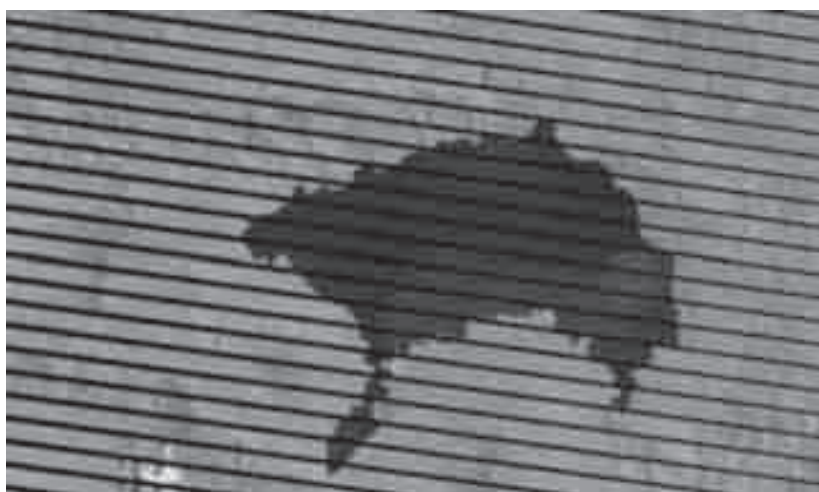
Imagen LANDSAT 7 completa, mostrando el área afectada vs. el área no afectada (dentro de las líneas blancas).



En la figura 3 se muestra la apariencia de una imagen LANDSAT 7 SLC-off, en donde se aprecian las franjas de barrido faltantes, y cómo estas son más anchas conforme se alejan del centro. En la figura, el centro de la imagen se halla a la derecha del área presentada.

**Figura 3.**

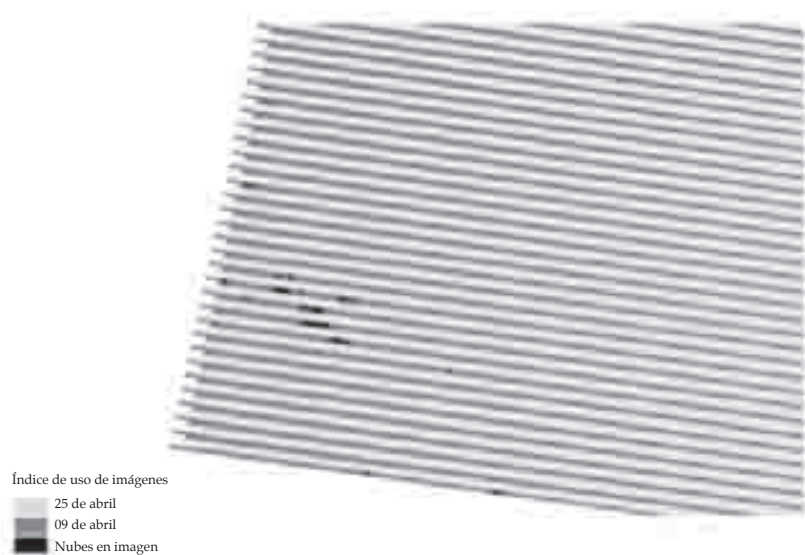
Apariencia de una imagen LANDSAT 7 SLC-off, mostrando los vacíos de barrido para ciertas áreas. Nótese cómo las franjas sin datos se van estrechando conforme se acercan al centro (el centro en esta imagen se ubica a la derecha)



Dado que los datos faltantes varían de imagen a imagen, es posible complementar la información de una región con dos o más imágenes de fechas cercanas.

**Figura 4.**

Índice de uso de imágenes para una misma región, mostrando como ejemplo el área de relleno utilizando dos fechas, la fecha de la imagen base y la fecha de la imagen de relleno (pueden ser más de dos imágenes de relleno. Para el caso del mapa de Cobertura Forestal 2010 en promedio fueron necesarias dos imágenes de relleno adicionales a la imagen base, para cubrir todos los vacíos)





## 4. Objetivos

---

### 4.1 General

Determinar la superficie de Guatemala bajo cobertura forestal al 2010 y la dinámica de cobertura forestal en los años 2006 y 2010.

### 4.2 Específicos

Generar un mapa actualizado de la cobertura forestal de Guatemala.

Generar un mapa actualizado de la dinámica de la cobertura forestal de Guatemala.

Generar tasas de cambio de la cobertura forestal en Guatemala en los años 2006 y 2010 comparadas con los datos disponibles de 1991-2006.

Generar tasas de cambio que incluyan: Áreas con pérdidas, áreas con ganancias y áreas sin cambios, actualizadas a la fecha del estudio (dependiendo de la disponibilidad de imágenes y otros productos de sensores remotos) a escala nacional, departamental, municipal y de Áreas Protegidas.



## 5. Metodología

---

### 5.1 Descripción global del proceso

La elaboración del mapa nacional de cobertura forestal toma como base las imágenes satelitales obtenidas por los satélites LANDSAT 5 y 7.

La obtención de información primaria para la clasificación y posterior evaluación, se obtuvo de la cobertura nacional de ortofotos 2006, las cuales cuentan con una resolución degradada de 1 metro x 1 metro (su resolución original es de 0.60 m x 0.60m).

Para poder utilizar la información de ortofotos correspondiente al año 2006, fue necesario adaptar las muestras generadas mediante un tratamiento estadístico y espectral, descrito a continuación.

Para el proceso de generación del mapa de cobertura forestal 2006 se clasificaron aproximadamente 30,000 puntos de control para todo el territorio nacional, sobre las ortofotos. Estos puntos se dividieron en tres sets de igual número de puntos. El primero se utilizó para definir muestras de clasificación y correr una clasificación supervisada utilizando el paquete de software ERDAS. El segundo se utilizó para realizar una verificación a la clasificación, mediante pruebas de contingencia utilizando el paquete de software ArcGIS, específicamente la función "Tabulate Área" sobre cada imagen clasificada. El tercer set de puntos fue entregado a una institución neutra e independiente a la elaboración del mapa para evaluación de la precisión de la clasificación final.



Este proceso fue replicado para el año 2010 con la siguiente adaptación: la muestra de 30,000 puntos de control obtenidos fue sometida a un análisis estadístico, en el que se analiza la probabilidad de cambio de cobertura de cada punto obtenido con ortofotos 2006, sobre las imágenes LANDSAT 2010, en base a datos espectrales.

Se considera que la diferencia espectral en imágenes 2010 puede corresponder a una diferencia en la cobertura de cada punto, por lo que los puntos que contaron con una diferencia mayor a 1.5 desviaciones estándar en la información contenida en las bandas 4, 5 y 7, fueron descartados del proceso 2010. Esto eliminó aproximadamente un 25% de los puntos para el año 2001, contando con un total aproximado de 22,500 puntos, divididos en tres sets al igual que para el proceso 2006.

La réplica de este proceso aplicado a imágenes 2010 se realizó en el proyecto anterior de Dinámica Forestal (2001-2006) para la generación del mapa forestal 2001.

Las revisiones realizadas hasta ahora se han llevado a cabo con las mismas ortofotos 2006 para el mapa de dicho año, y con imágenes satelitales correspondientes al sensor ALOS PRISM, las cuales cuentan con una resolución espacial de 2.5m x 2.5m y los datos son de tipo pancromático.

## **5.2 Detalle de fuentes de información y distribución espacial y temporal de imágenes trabajadas por cada institución**

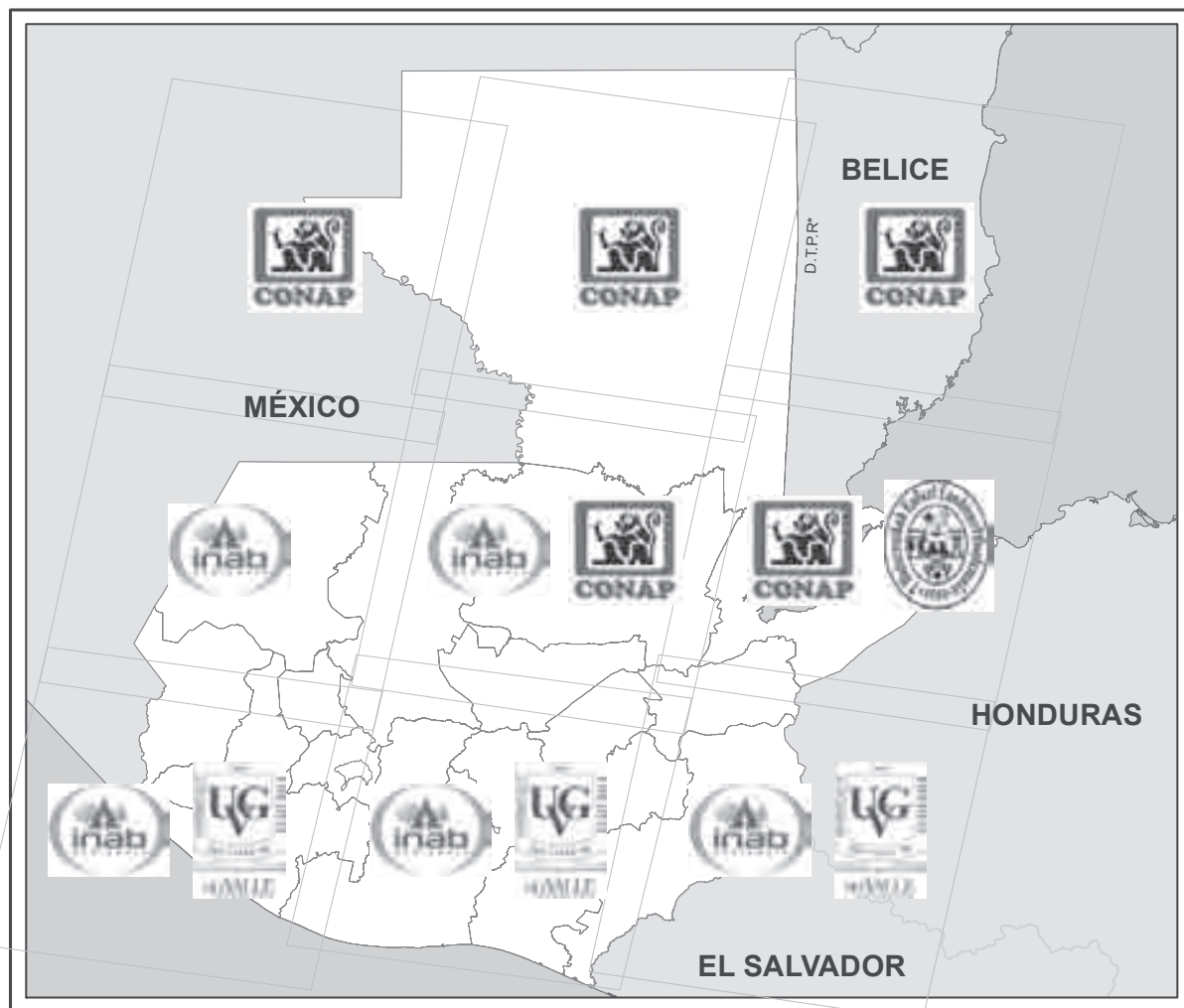
El presente proyecto contó con las siguientes fuentes de información geográfica:

- Ortofotos 2006
- Imágenes LANDSAT 5 y 7 para años 2006 y 2010
- Imágenes ASTER para año 2006
- Imágenes ALOS PRISM circa 2009-2011

La siguiente figura muestra la manera en la que se distribuyeron las imágenes LANDSAT para ser procesadas y trabajadas de acuerdo a cada institución participante.

**Figura 5.**

Distribución espacial de imágenes LANDSAT según institución (las tres imágenes de la franja sur han contado con la asesoría de UVG, en donde fueron procesadas, aunque el trabajo técnico ha estado a cargo del equipo de INAB)



\* D.T.P.R. = Diferendo territorial pendiente de resolver

La disponibilidad de imágenes está determinada en buena medida por la calidad de las mismas, la que depende del porcentaje de nubosidad, así como de las características en función del SLC-off. Las figuras 6 y 7 muestran la distribución temporal de las imágenes utilizadas.

**Figura 6.**  
Fechas de las imágenes LANDSAT período 2006



\* D.T.P.R. = Diferendo territorial pendiente de resolver

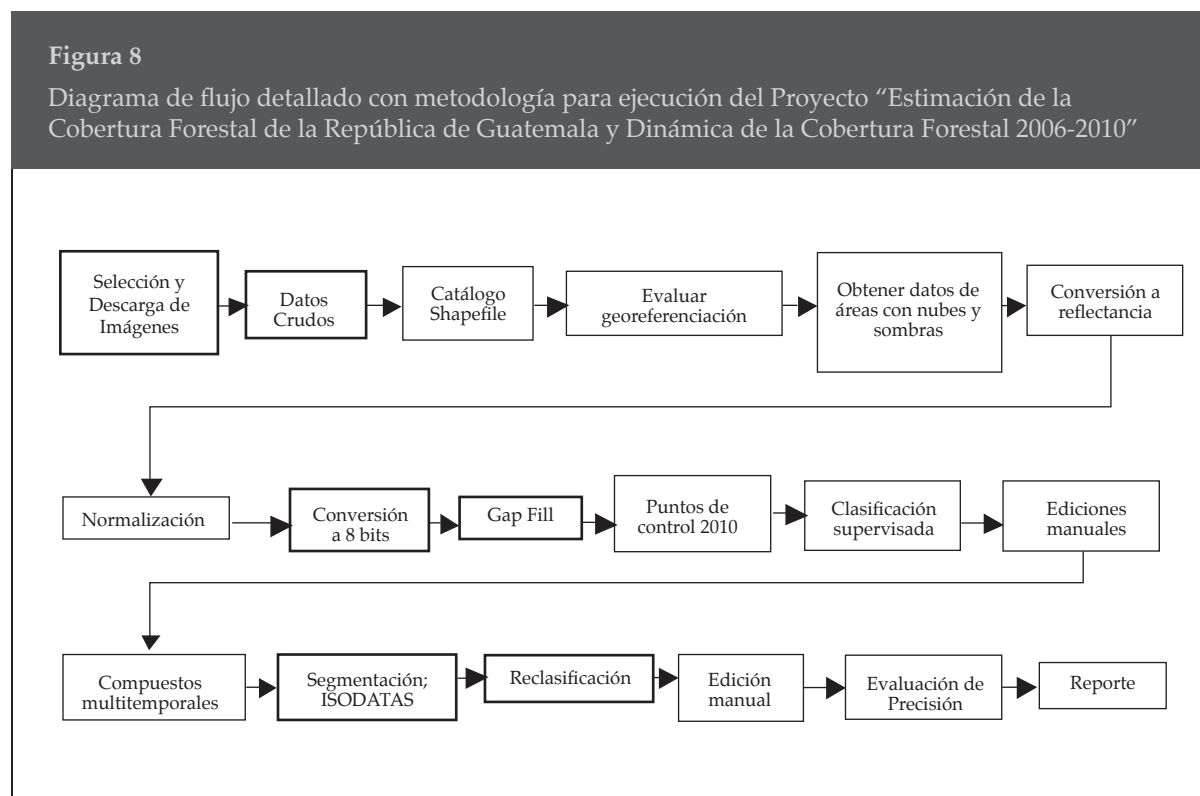
**Figura 7.**  
Fechas de las imágenes LANDSAT período 2010



\* D.T.P.R. = Diferendo territorial pendiente de resolver

### 5.3 Diagrama de flujo de las actividades realizadas

El resultado de seis meses de trabajo y de varios talleres de discusión entre el equipo técnico participante, se presenta en la figura 8 con la secuencia de pasos que deben completarse para lograr el mapa de cobertura forestal 2010. Este diagrama no muestra el detalle de cómo se obtienen los puntos de control. (Ver sección 5.7 y figura 9).



A continuación se describen en detalle cada uno de los procesos contenidos en el diagrama anterior, para su consideración técnica y metodológica.

Una de las actividades que regularmente tiene lugar en la generación de mapas temáticos es la verificación en campo. La información de imágenes de alta resolución eliminan la necesidad de verificación en campo, ya que dichas imágenes permiten obtener información muy similar a la que se obtendría en una verificación de campo, pero con la ventaja de que se puede cubrir un gran número de puntos de control con un esfuerzo y costo considerablemente menor.

Esto también permite obtener puntos de control en prácticamente cualquier punto del país independientemente de qué tan inaccesible sea el sitio. Con puntos de control obtenidos mediante visitas de campo, los lugares muy remotos e inaccesibles usualmente son severamente submuestreados.

Adicionalmente, la disponibilidad de imágenes de alta resolución de años pasados, permite verificar la cobertura de otros años en los que sería imposible verificar en campo por razones obvias.

## 5.4 Selección de imágenes e intervalo de tiempo

Cada institución revisó las imágenes disponibles de acuerdo a las siguientes características:

- Datos colectados durante la estación seca de los años 2009-2011 (enero-abril) para garantizar consistencia fenológica. Los estándares internacionales de mapeo requieren que las fechas de las imágenes se ubiquen en  $\pm 1$  año de una fecha central.
- En casos en los que esto no sea posible los datos más recientes disponibles, pero no más antiguos de la estación seca.
- Ausencia de nubes y otros efectos atmosféricos como humo, bruma, etc.

Una vez seleccionadas las imágenes, se genera un archivo vectorial (shape) como los que muestran las figuras 6 y 7 para tener referencia de las fechas utilizadas y además calcular el intervalo promedio de tiempo en cada una cuando llegue el momento de hacer los cálculos de cambios de cobertura.

Hay que especificar cualquier imagen adicional usada para el proceso de relleno en imágenes Landsat SLC-off. Tales fechas no son usadas en el cálculo del intervalo de tiempo. Se recomienda utilizar el rango de fechas entre los meses de enero a abril para el relleno.

### 5.4.1 Conversión a reflectancia y normalización radiométrica

Ambos procesos fueron realizados nuevamente (al igual que el mapa 2001-2006) mediante herramientas digitales creadas específicamente para estos propósitos por el ingeniero Víctor Hugo Ramos. Dichas herramientas tienen como plataforma el programa de cálculo Microsoft Excel ® y el paquete de Software ArcGIS ®.

### 5.4.2 Gap Fill

Se realizó mediante una integración de datos entre imágenes disponibles, con lo que se completa el proceso de “relleno”, mediante una herramienta denominada “Gap Fill”, desarrollada por los laboratorios de la corporación ITT y que funciona sobre una plataforma tipo IDL (Interactive Data Language).

Esta herramienta, mediante la integración de dos o más imágenes, llenan los vacíos de información, resultado en imágenes con información de múltiples fechas, tal y como se indica en la figura 8.

Dado que la herramienta Gap Fill funciona sobre datos crudos o números digitales, resultó necesario el desarrollo de una herramienta que permitiese integrar las imágenes con datos calibrados a reflectancia exoatmosférica. Esta herramienta fue desarrollada también por el ingeniero Víctor Hugo Ramos, tomando también como plataforma los programas de software Microsoft Excel ® y ArcGIS ®.

## 5.5 Precisión geométrica y proyección

Es importante contar con el valor de precisión geométrica para cada imagen con la que se trabaja. Para este proceso se obtuvo del “Header” de la imagen y cómo se utilizaron las imágenes de las ortofotos 2006, se requirió una valoración del RMS (por sus siglas en inglés Raíz de la Media Cuadrada) entre las ortofotos e imágenes Landsat TM y ETM+. Para esto se compararon las ortofotos con las imágenes 2010 a utilizar.

Todas las imágenes son reproyectadas a GTM. Luego se realiza la evaluación de precisión geométrica usando el valor de la raíz de la media cuadrada, generándose entre 30 y 50 puntos de control por imagen. Estos puntos de control fueron obtenidos de puntos distintivos entre imágenes y ortofotos. Se obtuvieron las coordenadas de ambas fuentes y se compararon las variaciones y diferencias entre los valores de las imágenes y de las fotografías aéreas. Se obtiene el valor de raíz de la media cuadrada que evalúa la cercanía entre los datos de los dos grupos. Este valor deberá ser menor a un píxel de la imagen LANDSAT (30 metros) para concluir que las imágenes sí corresponden adecuadamente a las fotografías aéreas. La ecuación utilizada en este proceso es la Transformación Lineal del Primer Grado.

## **5.6 Nubes y sombras**

Son detectadas por medio del algoritmo ISODATA para luego aislarlas y separarlas con una máscara. En donde es posible posteriormente se rellenan con información de imágenes apropiadas.

Las imágenes de relleno deben ser también procesadas en base a reflectancia y normalizadas radiométricamente, teniendo en consideración el registro de las fechas de las imágenes usadas para relleno.

## **5.7 Obtención de puntos de control y verificación**

La disponibilidad de ortofotos de alta resolución, permitió evaluar la cobertura del suelo en un determinado punto geográfico para ese año. Esta información a su vez, es de utilidad para crear firmas espectrales en la clasificación de imágenes LANDSAT. Para tal año se evaluaron y clasificaron la cobertura de 30,000 puntos de control, diferenciando principalmente entre cobertura forestal o no forestal.

El procedimiento de generación de tales puntos, así como su validación, agrupación y utilización en el proceso de clasificación fue probado en el proyecto de mapeo anterior, y representa el punto de partida para realizar la clasificación de imágenes 2010.

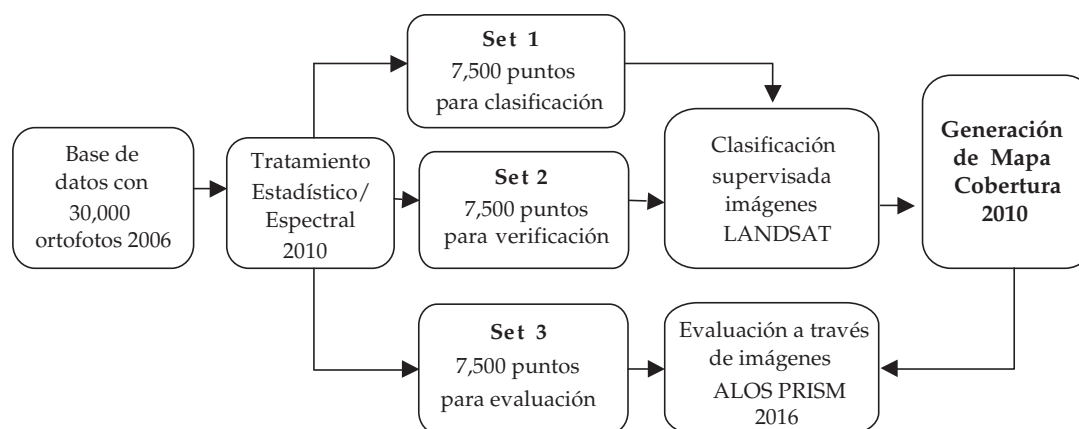
Los puntos totales disponibles para el mapa 2010 son alrededor de 22,500, de los cuales un tercio es utilizado para la clasificación supervisada, un tercio para verificaciones intermedias y el último tercio para la verificación final del mapa. (Ver figura 9)

## **5.8 Clasificación**

Este paso se completó con las técnicas de clasificación supervisada, utilizando para ello los puntos de control y determinando el modelo analítico que mejor discrimine las coberturas vegetales. Esta puede realizarse debido a que se cuenta con el número de puntos de control citado. Esto permite la determinación a priori de alguna clase con determinadas características comunes llamadas áreas de entrenamiento, las cuales deben ser representativas a las distintas clases o tipo de respuesta espectral. Es necesario tener en cuenta el cálculo de parámetros estadísticos en base a las áreas muestreadas como son la Media y la Desviación Standard, asignándole una Máxima probabilidad para asignar a cada píxel la probabilidad que pertenezca a una clase determinada según la media y Desviación de esta. (Campbell, 1987).

**Figura 9.**

Secuencia de pasos en el procesamiento de puntos de control para la elaboración del mapa forestal 2010



Las clases candidatas eran las siguientes:

1. Bosque (incluyendo plantaciones forestales)
2. No bosque
3. Matorrales
4. Café
5. Sin datos (nube o sombra)
6. Agua (lagos y ríos visibles a la escala de mapeo).

La capa de no bosque no fue diferenciada en esta primera etapa entre áreas perturbadas antropogénicamente y áreas naturales como humedales y montes espinosos (salvo en la zona de Petén y Franja Transversal del Norte).

Al contar con la clasificación, se procede a editar manualmente las clases usando un software de SIG especializado.

## 5.9 Estimación del área de la cobertura de café

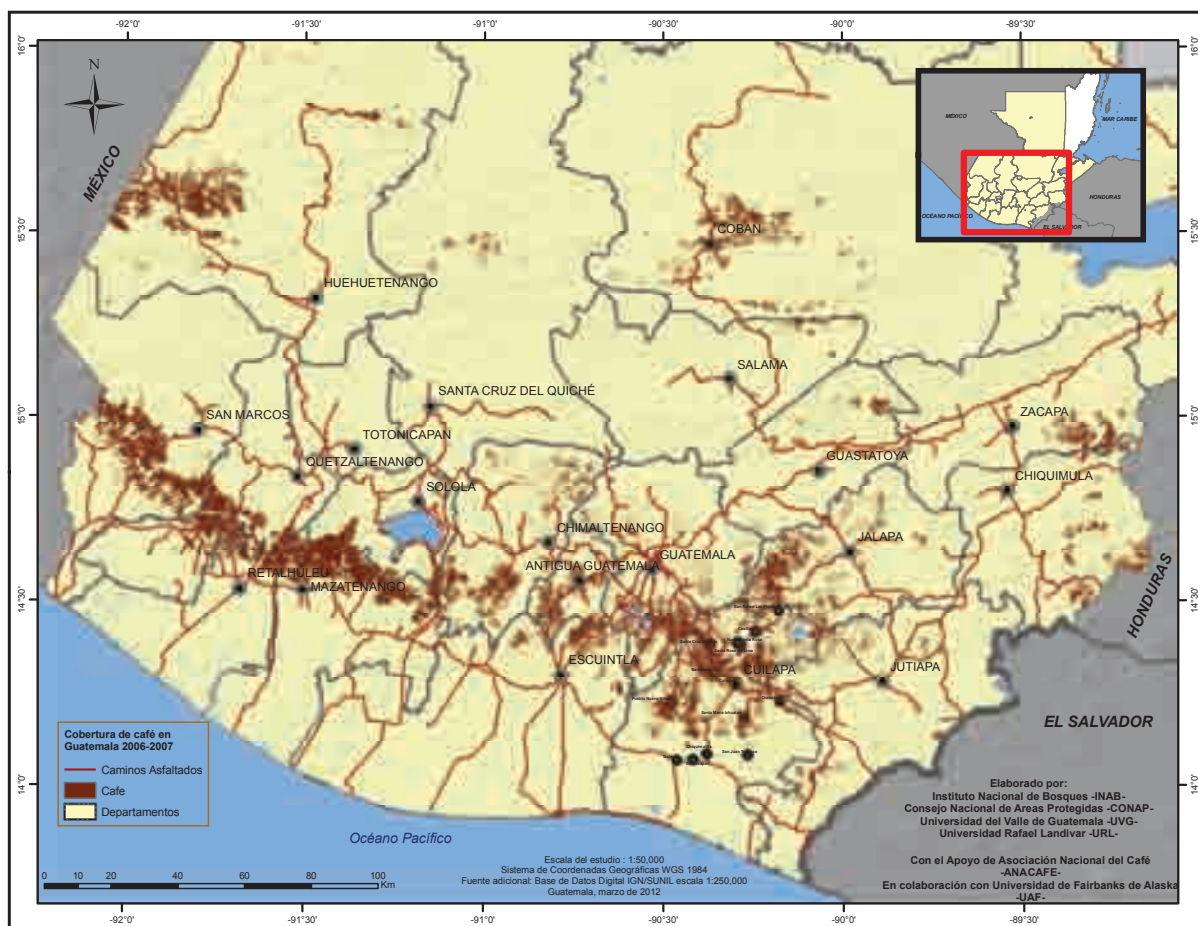
Ante la semejanza espectral entre áreas con cobertura forestal y áreas con cobertura de café, resulta particularmente complejo poder distinguir ambas coberturas mediante los procesos de clasificación descritos. A nivel técnico y legal, en Guatemala un área bajo el cultivo de café no puede ser considerada como cobertura forestal.

Debido a que la cobertura de café para el territorio nacional es relativamente estable a lo largo del tiempo, para el mapeo forestal 2010 se ha tomado como base la capa de café 2007. Esta capa fue un subproducto del Mapa Forestal 2006, realizada a partir de la integración de imágenes ópticas y de radar, sometidas a procesos de clasificación basados en un modelo probabilístico.



**Figura 10.**

Mapa de la Cobertura de Café generado en torno a probabilidades





## 5.10 Filtros

Este procedimiento se ejecuta con el objetivo de poder limpiar las dispersiones de píxeles sueltos y pequeños grupos de píxeles, para ello se aplicó un identificador de píxeles desprendidos dentro de una clase homogénea (Clump) y luego una función para eliminar los píxeles (eliminate) (Erdas, 2008) que no queden comprendidos en un cierto tamaño mínimo definido y de una misma categoría.

Para el caso del mapeo forestal a nivel nacional, se utiliza el tamaño mínimo cartografiable, que es de 0.5 ha, o 6 píxeles.

## 5.11 Evaluación de precisión

Con el set de 22,500 puntos verificadores, se cubre en detalle un porcentaje del territorio nacional. Comparando estos puntos contra el mapa clasificado pueden generarse estadísticas que estimen el error del mapa, incluyendo matrices de contingencia, % de aciertos, precisiones de usuario y productor de mapa, entre otras.

El proceso es iterativo hasta que se alcanza un número mínimo de puntos válidos e interpretados igual a los valores descritos por bloque y fase, respectivamente diseñados estadísticamente para el proceso general.

## 5.12 Estimación de las tasas de cambio

Para calcular la tasa de deforestación anual fue necesario tomar en cuenta las fechas exactas de las imágenes utilizadas así como el área que la imagen cubría sobre los distintos polígonos de departamentos, municipios y áreas protegidas, para obtener un promedio ponderado del periodo de estudio. Esto explica, porqué existen diferentes valores de período de tiempo para cada variable de estudio (Nacional, Departamental, Municipal y de Áreas Protegidas), según sea el cálculo que se desee realizar.

En cada una de estas unidades se calculó la cantidad de bosque presente en los distintos años de interés y su dinámica, obteniendo datos de ganancia y pérdida de bosque en el área base en cuestión. Esta información permite calcular el cambio neto de cobertura forestal para un área específica, que es un valor positivo si hubo un incremento de cobertura forestal o negativo si ocurrió una deforestación neta:

$$\text{Cambio neto (ha)} = \text{ganancia de bosque (ha)} - \text{pérdida de bosque (ha)}$$

Esta variación en la cobertura está estimada en un periodo de tiempo determinado por las fechas de las imágenes utilizadas. Este periodo varía ya que las imágenes no son todas de las mismas fechas (véase las figuras 6 y 7). Fue necesario entonces calcular un periodo promedio de tiempo para cada área de análisis en cuestión. Este promedio se calcula ponderando la fecha dada de una imagen por el área que cubre la imagen con respecto al área total del análisis.

$$\text{Año promedio ponderado} = \sum (\text{año imagen} \times \text{área}) / \text{área total}$$

Por ejemplo para el territorio nacional el año ponderado fue de 3.79 años, sin embargo si se calcula el año ponderado para un departamento cualquiera, por ejemplo Alta Verapaz, el año cambia a 4.24. Si fuera para el municipio de San Mateo Ixtatán, el año cambia a 3.11. Para el área protegida del Parque Nacional Laguna del Tigre, el año cambia a 3.07.

Con este intervalo de tiempo se pudo calcular el cambio neto anual:

$$\text{Cambio neto anual (ha/año)} = \text{cambio neto (ha)} / \text{intervalo ponderado (años)}$$

El cambio neto anual permite calcular la tasa de deforestación anual con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de deforestación anual} = 100 * \text{Cambio neto anual} / \text{Bosque 2006}$$

Toda esta información fue tabulada en una hoja del programa Microsoft Excel, para obtener una tabla dinámica que permitió la obtención de los valores agrupados a nivel Nacional, Departamental, Municipal y de Áreas Protegidas.



## 6. Resultados

### 6.1 Dinámica de la Cobertura Forestal Nacional

Según los resultados finales del proyecto, la República de Guatemala contaba con una cobertura de bosque equivalente a 3,722,595 hectáreas para el año 2010, lo que representa un 34.2 % del país.

El dato revisado para el año 2006 es de 3,868,708 hectáreas de cobertura forestal, lo cual equivale al 35.5 % del territorio Nacional.

Para todo el período de estudio, a nivel nacional se estima que se produjo una pérdida en la cobertura forestal de 500,219 hectáreas. Durante este mismo período de tiempo se estimó una ganancia de bosque de 354,107 hectáreas, lo que refleja una pérdida neta de 146,112 hectáreas de bosque, según se observa en el cuadro 2.

Al ser la deforestación neta para el país de 146,112 hectáreas, obtenemos que se ha perdido un 3.78 % con respecto al bosque que existía en el año 2006. El período de tiempo del estudio promedio en función de las imágenes fue de 3.79 años, según la ponderación por áreas, a partir de las fechas de las distintas imágenes de satélite utilizadas.

**Cuadro 2.**  
Cambio neto de Cobertura Forestal Nacional para el período 2006-2010

	Bosque (ha) (sin cambios)	Ganancia (ha)	Pérdida (ha)	Cambio 2006-2010
<b>Total Nacional</b>	3,368,488	354,107	-500,219	-146,112

En términos anuales, la pérdida anual bruta asciende a 132,137 hectáreas, y la ganancia anual bruta a 93,540 hectáreas, lo cual resulta en una pérdida neta de 38,597 hectáreas anuales, o un 1.0 % de pérdida anual respecto al bosque existente en el año 2006.

Pese a que esta tasa de deforestación a escala nacional es menor a estudios anteriores, es necesario tener presente que aunque la ganancia de bosque sigue creciendo (la cual contrarresta los datos de pérdida), también la deforestación bruta sigue ascendiendo significativamente.

El cuadro 3 muestra los datos a nivel departamental y los totales nacionales de la cobertura forestal al año 2010, los cambios netos y las tasas de cambio expresadas en área y porcentaje.

Al ser la deforestación neta para el país de 146,112 hectáreas, obtenemos que se ha perdido un 3.78% con respecto al bosque que existía en el año 2006. El período de tiempo del estudio promedio en función de las imágenes fue de 3.79 años, según la ponderación por áreas, a partir de las fechas de las distintas imágenes de satélite utilizadas.

El cuadro 3 muestra los datos a nivel departamental y los totales nacionales de la cobertura forestal al año 2010, los cambios netos y las tasas de cambio expresadas en área y porcentaje.

**Cuadro 3.**

Cambios netos y tasas de cambio de la cobertura forestal a nivel departamental para el período 2006-2010

Departamento	Cobertura 2006 (ha)	Cobertura 2010 (ha)	Cambio neto 2006-2010 (ha)	Cambio anual (ha/año)	Tasa de cambio anual (%)
Alta Verapaz	372,588	375,345	2,756	651	0.17
Baja Verapaz	108,096	100,989	-7,107	-1,569	-1.45
Chimaltenango	66,720	67,640	920	276	0.41
Chiquimula	40,256	30,192	-10,063	-1,908	-4.74
El Progreso	40,689	38,493	-2,196	-515	-1.26
Escuintla	34,218	36,612	2,394	719	2.10
Guatemala	62,920	57,782	-5,139	-1,544	-2.45
Huehuetenango	243,523	263,470	19,947	6,346	2.61
Izabal	285,617	264,245	-21,372	-4,272	-1.5
Jalapa	23,417	22,408	-1,009	-202	-0.86
Jutiapa	15,651	12,730	-2,920	-555	-3.55
Petén	1,927,215	1,802,604	-124,611	-40,125	-2.08
Quetzaltenango	56,061	55,730	-331	-81	-0.14
Quiché	257,704	264,732	7,027	1,742	0.68
Retalhuleu	11,639	12,262	623	163	1.40
Sacatepéquez	21,066	21,638	572	172	0.82
San Marcos	87,246	86,673	-573	-140	-0.16
Santa Rosa	51,046	46,304	-4,742	-1,281	-2.51
Sololá	40,840	40,547	-293	-88	-0.22
Suchitepéquez	22,629	24,644	2,016	606	2.68
Totonicapán	39,778	39,721	-57	-17	-0.04
Zacapa	56,787	57,834	-1,953	-374	-0.63
<b>Total general</b>	<b>3,868,708</b>	<b>3,722,595</b>	<b>-146,112</b>	<b>-38,597</b>	<b>-1.00</b>

## 6.2 Territorio de Guatemala

### 6.2.1 Dinámica de la Cobertura Forestal

El territorio de Guatemala en el período 2006 contaba con 3,868,708 ha de bosque. Para el año 2010 se reporta una cobertura forestal de 3,722,595 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 500,219 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 354,107 ha; teniendo una pérdida neta de 146,112 ha de bosque.

Esas 146,112 hectáreas de pérdida neta para el territorio nacional, representan una disminución del 3.78% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación estimada para el territorio de Guatemala en el presente período de estudio fue de 38,597 ha/año, equivalente al 1.00% anual, en función del bosque existente reportado para el año 2006.

**Cuadro 4.**  
Cobertura forestal reportada para el territorio de la República de Guatemala en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
5,121,629	4,699,691	4,152,051	3,868,708	3,722,595

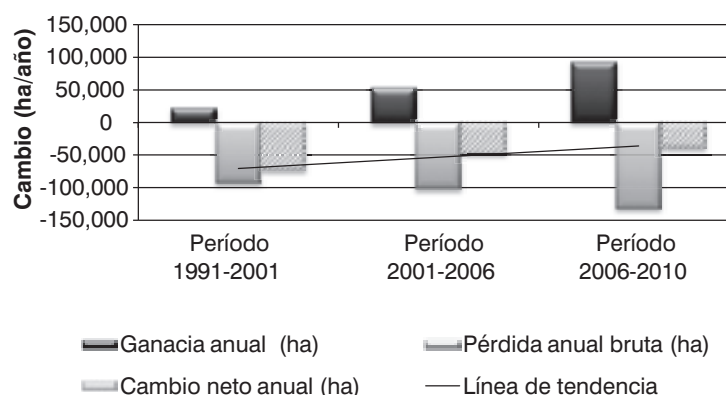
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

### 6.2.2 Tendencia del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida neta de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), la cual fue de 73,148 ha/año. Para el segundo período (2001-2006) se reportaron 48,084 ha/año de pérdida neta y en el presente estudio y tercer período evaluado (2006-2010) se reportan 38,597 ha/año de pérdida neta. Se mantiene una continua pérdida del bosque para el territorio nacional, pese a la reducción en la tendencia neta.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del territorio nacional en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 11**  
Tendencia anual de la dinámica forestal de la República de Guatemala en los tres períodos de referencia



Aunque las causas de pérdida y ganancia a nivel nacional no pueden ser definidas de manera precisa por las fuentes de información geográfica utilizada, a continuación se presenta un breve listado de sus posibles agentes.

Es indiscutible que las causas históricas que han ocasionado pérdida de la cobertura forestal, siguen expresándose en la actualidad. El avance de la frontera agrícola y ganadera, urbanizaciones, incendios forestales, invasiones en Áreas Protegidas, plagas y desastres naturales figuran entre tales causas. Esto para el caso de la pérdida, la cual resulta imposible de analizar a detalle en el presente estudio. En el caso de incendios y desastres naturales, la pérdida de cobertura forestal (sobre todo dentro de Áreas Protegidas) es temporal, y según estudios históricos, es común que se produzca regeneración natural en las áreas afectadas.

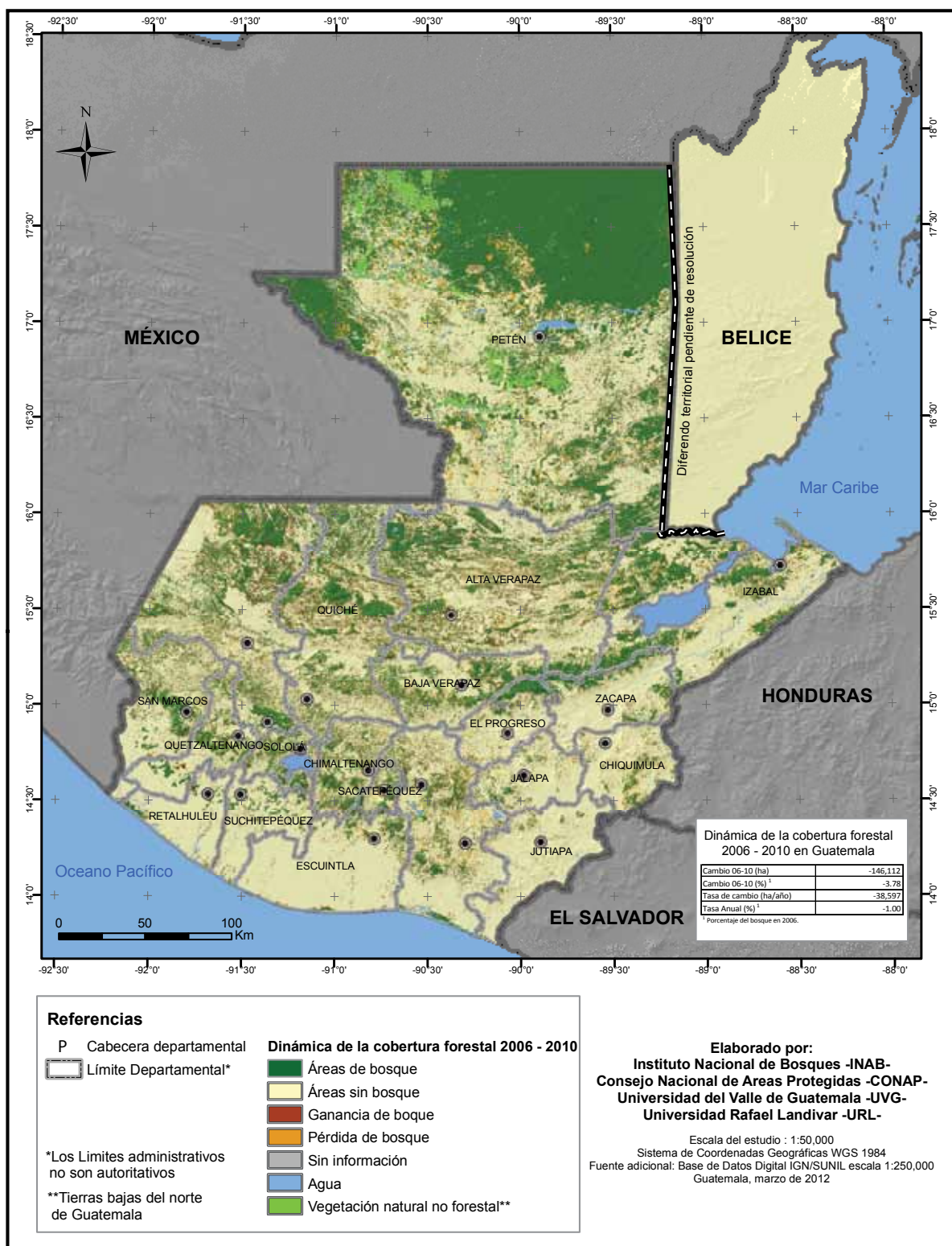
En el caso de las tierras bajas del norte, con el propósito de hacer una distinción entre áreas sujetas a deforestación histórica con respecto a áreas que conservan su cobertura natural, se incluye la cobertura de otros ecosistemas naturales no forestales para hacer la distinción que tales áreas no han sido sujetas a cambio de cobertura.

En el caso de la ganancia de cobertura forestal, contamos con un frente principal en la zona del sur y suroccidente del país. Este corresponde en su gran mayoría a plantaciones de hule, y en algunos casos a plantaciones forestales. El área estimada de cobertura de hule establecido en dicha región del país es de alrededor de 30,000 hectáreas, a lo largo de los últimos 15 años.

Como otro posible agente de ganancia forestal para el resto del país, el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), administrado por INAB, reporta entre 1998 y 2011 un total de 105,059 hectáreas de plantaciones forestales establecidas. Alrededor de la mitad de este total, debiera reflejarse en la ganancia de bosque reportada a nivel nacional, en el presente mapa y el resto por su composición y grado de desarrollo es posible que aún no se refleje en las imágenes de satélite utilizadas. Adicionalmente, también dentro del PINFOR, entre 1998 y 2011 se reportan 2,705 hectáreas de regeneración natural, 20,547 hectáreas de manejo forestal para producción y 181,239 hectáreas de manejo forestal para protección. Existe una marcada correlación entre los datos por departamento del PINFOR y los resultados de ganancia del presente Mapa Nacional.

Finalmente, a nivel de hipótesis, en ciertas áreas, la migración de la población local, tanto a zonas urbanas como al extranjero, puede que haya reducido en cierta medida la presión sobre los recursos naturales, favoreciendo la recuperación y/o estabilidad de la cobertura forestal, aunque este efecto es muy localizado y de baja magnitud en términos nacionales.







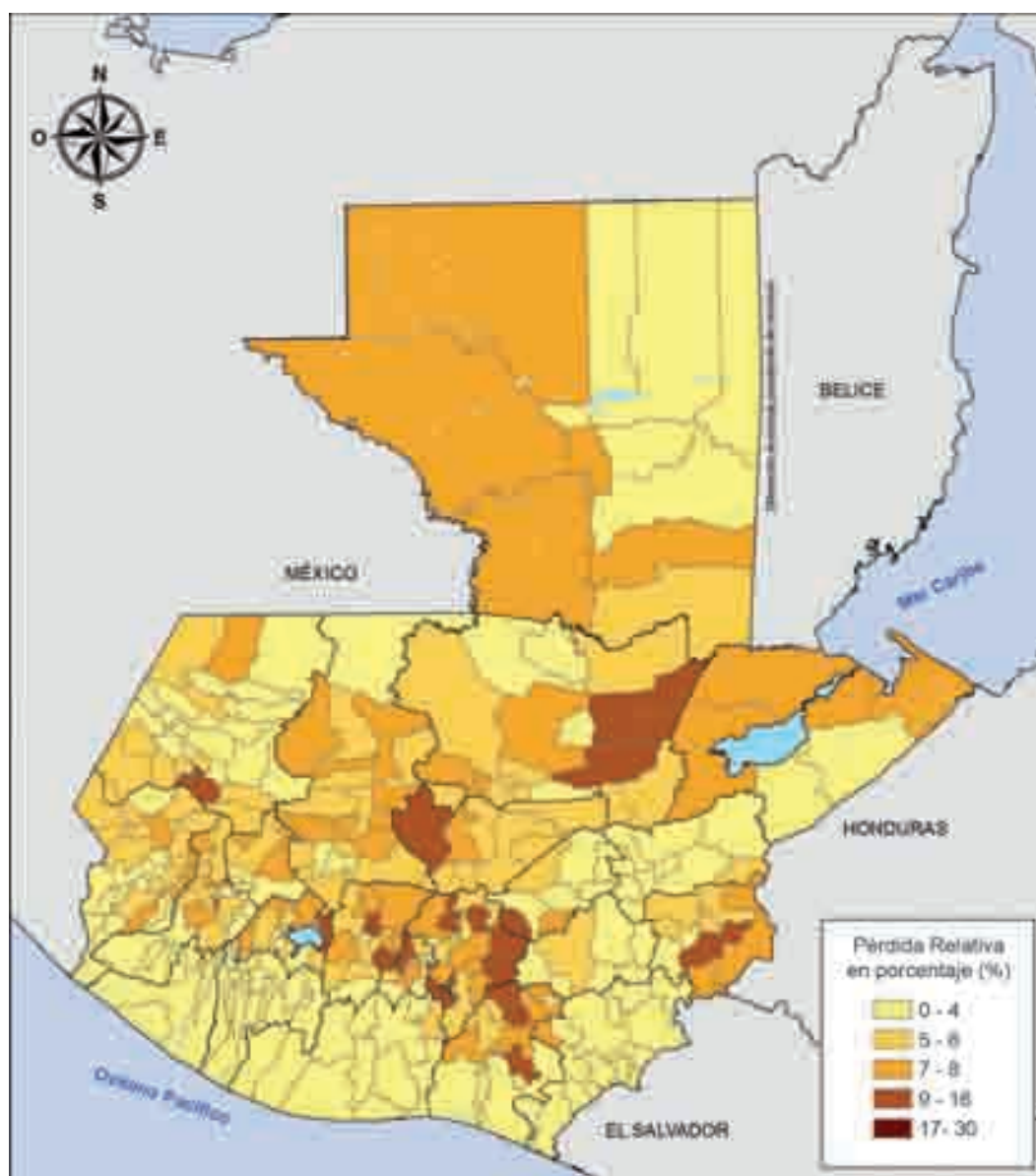
### 6.3 Pérdida relativa de cobertura forestal a nivel municipal

A lo largo del período 2006-2010, 258 de los municipios del país reportan una disminución relativa superior al 2% en su cobertura forestal. Las principales áreas donde se aprecia esta tendencia corresponden a distintas regiones del país, como las Verapaces, Petén, Quiché y la región central que incluye a Chimaltenango, Guatemala y Santa Rosa.

De los municipios citados, 91 muestran una disminución relativa de la cobertura forestal mayor al 6% de su superficie.

Contrastan con esta tendencia, municipios de la costa sur y oriente del país, especialmente Jutiapa, con menos del 2% de pérdida relativa.

**Figura 12.**  
Distribución de pérdidas relativas a nivel municipal



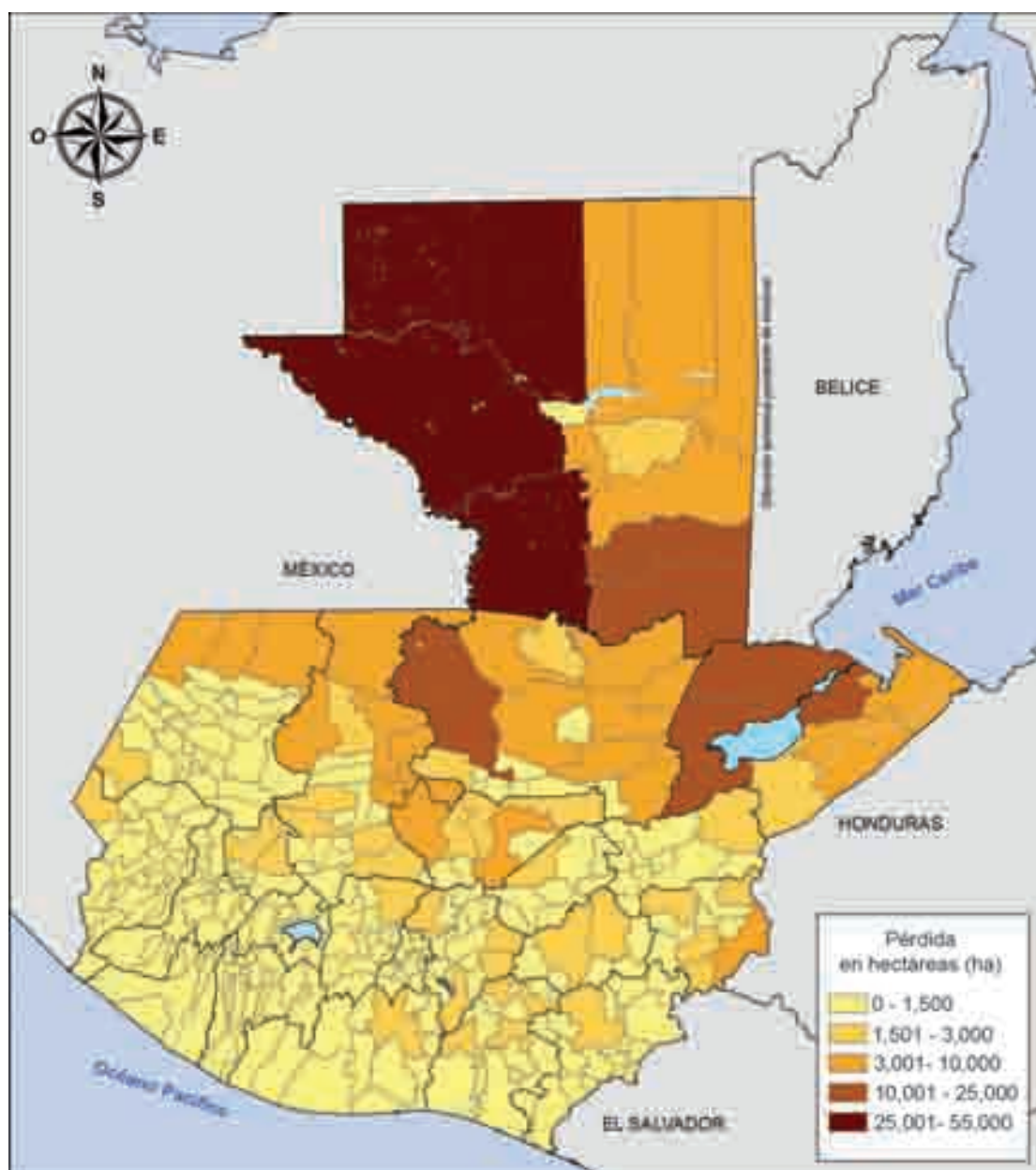
#### 6.4 Pérdida bruta de cobertura forestal a nivel municipal

Los municipios de los departamentos de Alta Verapaz, Izabal y Petén presentan los datos más altos de pérdida de cobertura forestal en área. San Andrés, La Libertad y Sayaxché reportan cada uno más de 25,000 hectáreas de pérdida, cada uno.

Le siguen en esta tendencia, municipios vecinos de los departamentos de Petén, Izabal, Alta Verapaz, y en menor grado Quiché y algunos municipios de Huehuetenango.

Del total de municipios, 287 reportan una pérdida bruta menor o igual a 2,000 hectáreas.

**Figura 13.**  
Distribución de pérdidas brutas a nivel municipal



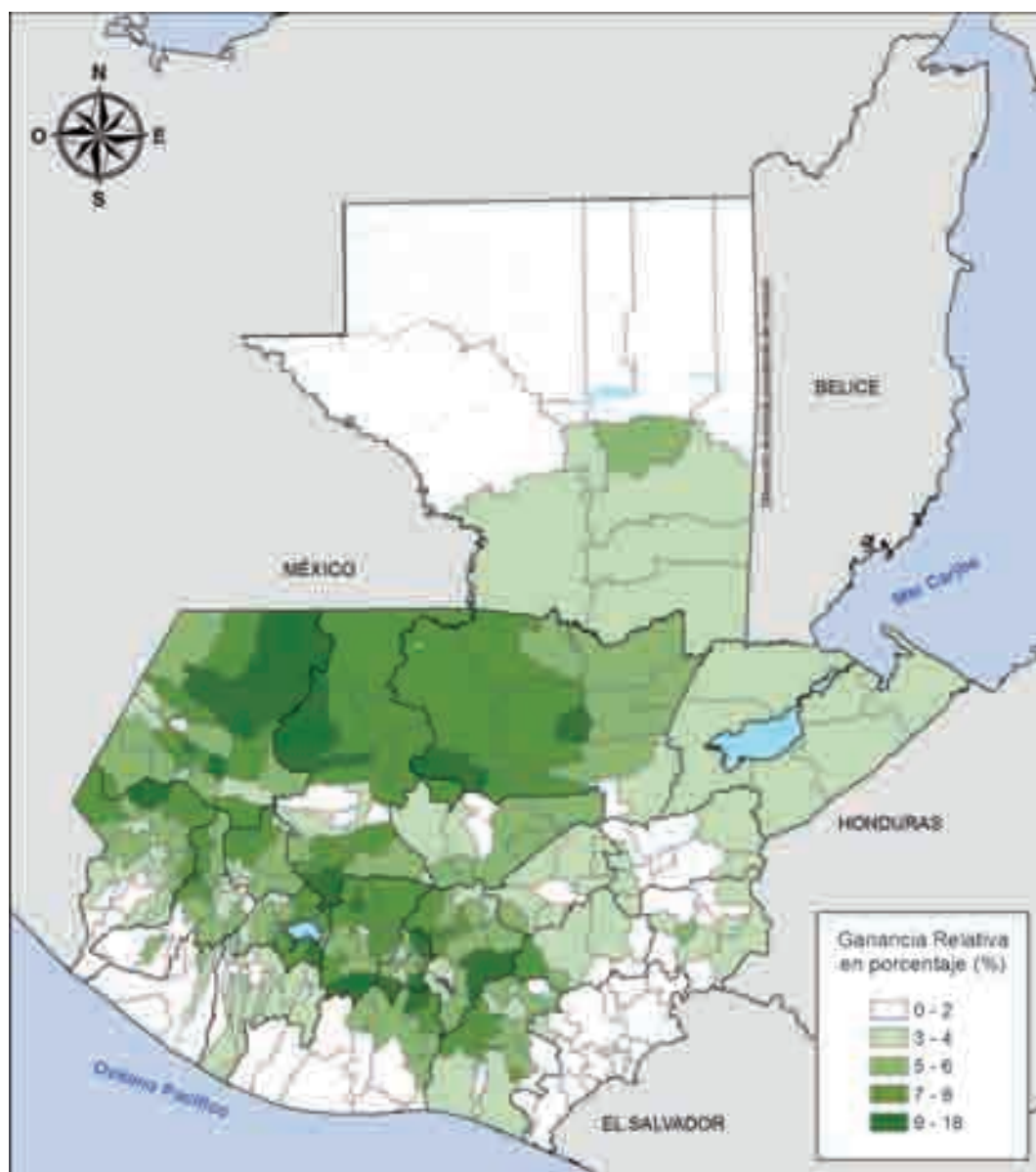
## 6.5 Ganancia relativa de cobertura forestal a nivel municipal

A lo largo del período 2006-2010, un alto porcentaje de los municipios del país reportaron una ganancia relativa de cobertura forestal. En 92 de tales municipios dicha ganancia es igual o menor a un 2%.

En 116 de los municipios la ganancia relativa con respecto al área del municipio es mayor o igual al 5%.

Los municipios con mayor ganancia se ubican en el norte de Quiché, Huehuetenango, Alta Verapaz y la zona central del país.

**Figura 14**  
Distribución de ganancias relativas a nivel municipal



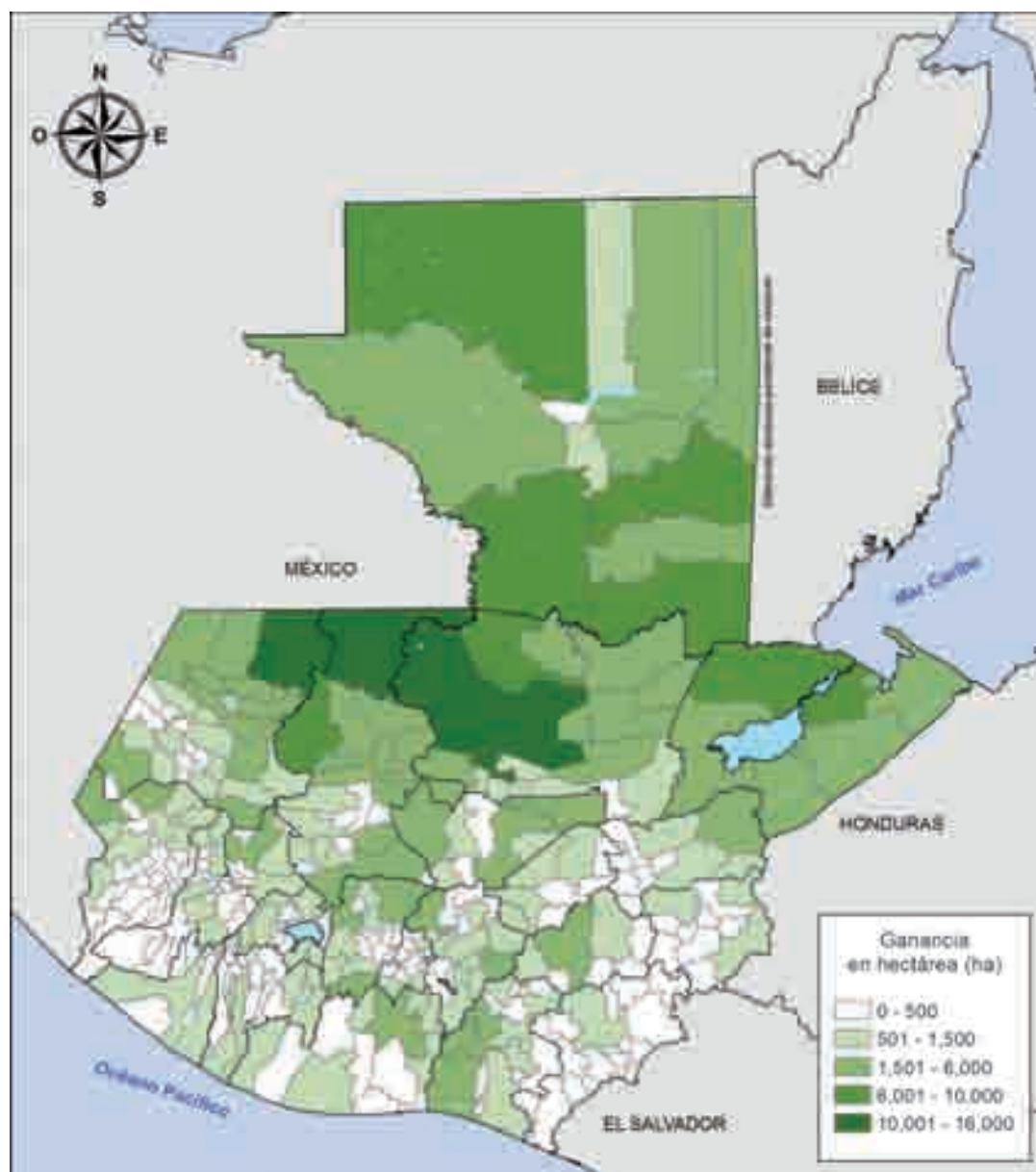
## 6.6 Ganancia bruta de cobertura forestal a nivel municipal

Todos los municipios del país reportaron ganancia bruta en su cobertura forestal, de los cuales 153 con menos de 500 hectáreas. Los municipios con mayor ganancia bruta de cobertura forestal se ubican en Petén y a lo largo de la Franja Transversal del Norte, incluyendo Quiché, Alta Verapaz e Izabal.

Alrededor de la mitad de los municipios del país cuentan con ganancias iguales o mayores a 500 hectáreas, y 85 superan las 1,000 hectáreas.

Solamente cuatro municipios superan las 10,000 hectáreas de ganancia bruta, ubicados en Huehuetenango, Quiché y Alta Verapaz.

**Figura 15**  
Distribución de ganancias brutas a nivel municipal





## 6.7 Dinámica de cobertura forestal en Áreas Protegidas

La cantidad de bosque dentro de áreas protegidas, como podía esperarse, es mayor en términos absolutos y relativos con respecto a la cantidad fuera de áreas protegidas. El SIGAP a diciembre 2010<sup>1</sup> representaba el 31.03% del territorio nacional y contenía hacia esa fecha el 51.9% de los bosques del país, lo que es lo mismo que decir que dentro de áreas protegidas la cobertura de bosque es del 59%<sup>2</sup>, mientras que fuera de ellas el valor es de 24%. Además, es razonable afirmar que es muy probable que sin las áreas protegidas, el país pudiera tener mucho menos bosque que lo que tiene actualmente, como se discutirá al final de esta sección. El siguiente cuadro resume los valores más importantes de la evaluación.

**Cuadro 5.**

Bosque en los periodos evaluados y proporciones con respecto al territorio nacional, la cantidad de bosque del país y la cantidad de bosque dentro y fuera de Áreas Protegidas

Situación con respecto de Áreas Protegidas	Bosque 2006 (ha)	Bosque 2010 (ha)	% del territorio terrestre nacional	% de los bosques del país	% de bosque dentro del territorio
Dentro de AP	2,044,465	1,930,396	31.0	51.9	59.0
Fuera de AP	1,824,242	1,792,199	69.0	48.1	23.8

El cuadro 6 muestra los valores estimados para variables que caracterizan la dinámica de la cobertura forestal dentro y fuera de áreas protegidas en 2006 y 2010<sup>3</sup>.

La tasa anual neta para el periodo 2006-2010 se estimó en -33 mil ha y -8 mil ha para dentro y fuera de áreas protegidas, respectivamente. La figura 16 muestra la evolución de las curvas de bosque total dentro y fuera de áreas protegidas entre 2000 y 2010.

Las ganancias brutas explican en gran medida la diferencia entre las tasas netas anuales de pérdida de bosques entre las dos áreas geográficas de estudio. Los valores de ganancia de cobertura forestal a través de regeneración o reforestación se estimaron en 16 mil ha y 76 mil ha dentro y fuera de áreas protegidas, respectivamente para el periodo 2006-2010. Este fenómeno de diferenciación tan marcado de las tasas de ganancia de bosque merece ser estudiado con más atención en un futuro análisis con énfasis en la identificación de las causas del mismo.

1 A diciembre de 2010 el SIGAP estaba formado por 297 áreas protegidas con una extensión total de 3,378,936 hectáreas del territorio terrestre nacional más 102,589 hectáreas de territorio marítimo.

2 El resto de la cobertura vegetal del SIGAP está compuesta por humedales, pastos naturales y otros ecosistemas.

3 El lector que desee profundizar al respecto, puede consultar el anexo 11.1 que detalla las variables que caracterizan la dinámica de cobertura forestal dentro y fuera de Áreas Protegidas.

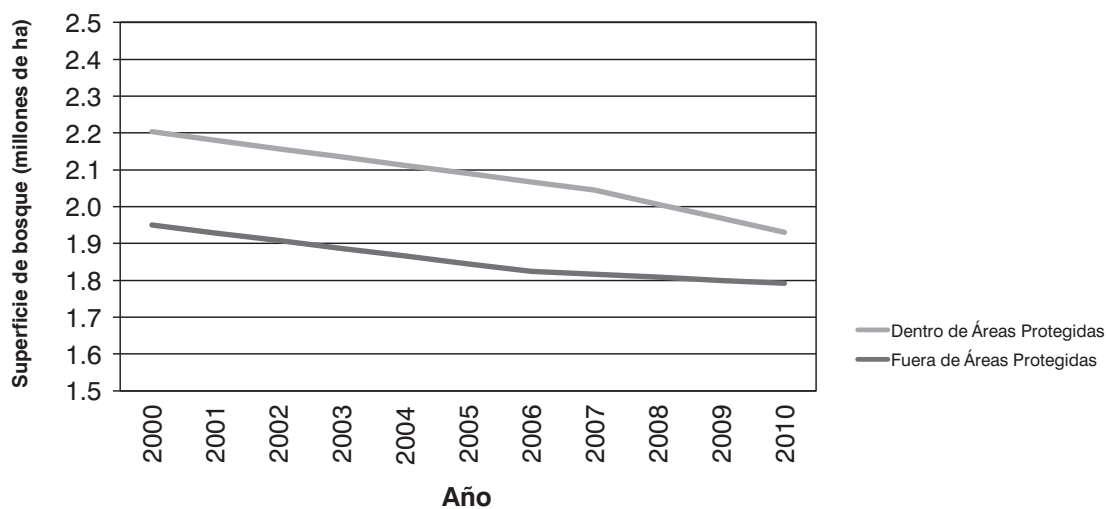
**Cuadro 6.**

Variables que caracterizan la dinámica de la cobertura forestal dentro y fuera de Áreas Protegidas en el periodo 2006-2010

Variable	Dentro de Áreas Protegidas	Fuera de Áreas Protegidas
Bosque 2006 (ha)	2,044,465	1,824,242
Bosque 2010 (ha)	1,930,397	1,792,199
Tiempo entre medición 2006-2010 (años)	3.4	3.9
Tasa anual neta 2006-2010 (ha)	-33,322	-8,127
Tasa anual neta 2006-2010 en %	-1.5	-0.4
Tasa anual de ganancia bruta 2006-2010 (ha)	16,146	75,791
Tasa anual de ganancia bruta 2006-2010 en %	0.7	3.9
Tasa anual de pérdida bruta 2006-2010 (ha)	-49,468	-83,918
Tasa anual de pérdida bruta 2006-2010 en %	-2.2	-4.3

**Figura 16.**

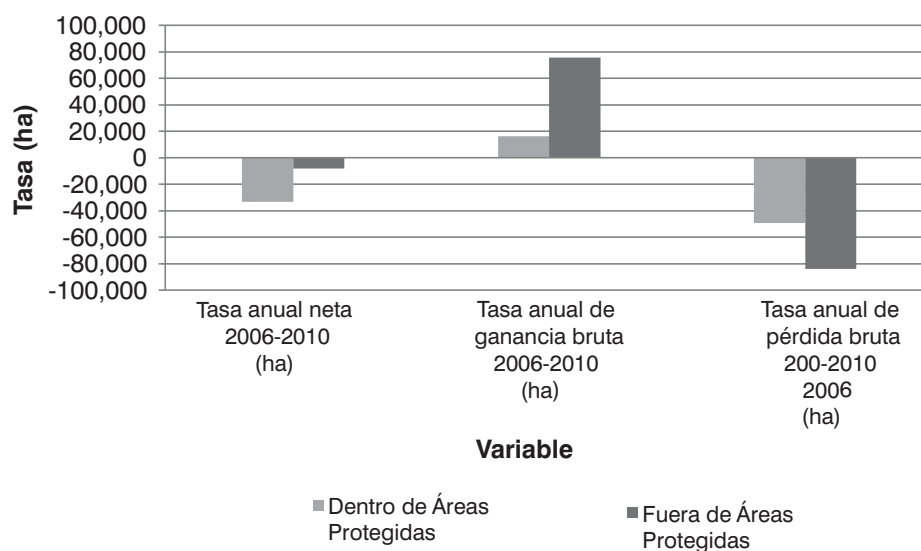
Curvas de evolución de la cobertura forestal dentro y fuera de Áreas Protegidas entre 2000 y 2010



Finalmente, uno de los aspectos destacados de las estimaciones de variables corresponde a los estimados de tasa anual de pérdida bruta para los dos periodos evaluados. La pérdida bruta corresponde a la cantidad de bosque transformado a otros usos durante el periodo y que tiene importancia dado que es un indicador que no está atenuado por el cálculo de tasa neta (que considera la regeneración y reforestación en las estimaciones) y que es posible esperar que las áreas transformadas correspondan a bosques en estados de crecimiento maduros. Los estimados para esta variable muestran dentro de áreas protegidas valores de cerca de -49 mil ha para 2006-2010 mientras que valores de -84 mil ha se registran para el mismo periodo fuera de áreas protegidas. Esto significa que la tasa anual de pérdidas brutas en superficie fue superior fuera de áreas protegidas en un 70% en el periodo 2006-2010 o en otras palabras, que la pérdida de bosques maduros es marcadamente mayor fuera que dentro de áreas protegidas.

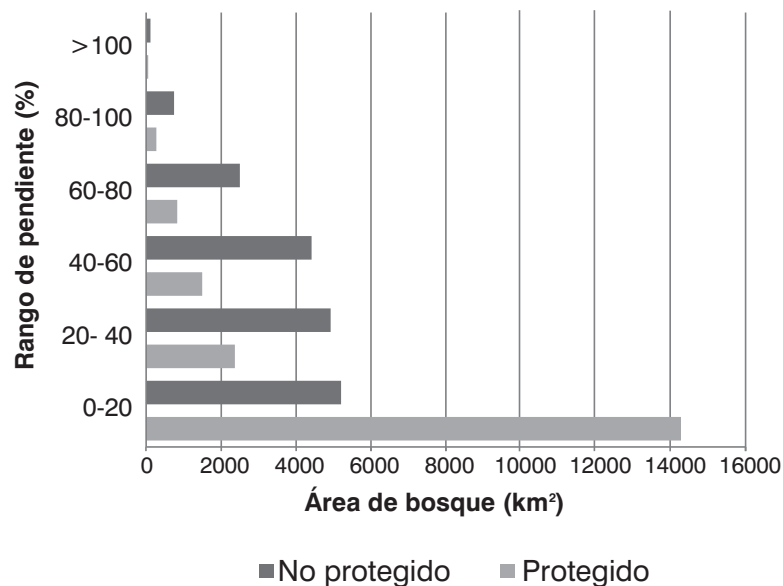
La figura 17 muestra gráficamente la comparación de la tasa anual neta, de ganancia bruta y de pérdida bruta.

**Figura 17.**  
Tasas anuales neta, de ganancia bruta y de pérdida bruta de cobertura forestal 2006-2010 dentro y fuera de áreas protegidas



Un análisis de los bosques remanentes muestra también que posiblemente los bosques dentro de las áreas protegidas sean y hayan sido también más susceptibles para deforestar en función de los valores de pendiente promedio dentro de los que se encuentran ubicados. Se determinó que el valor de pendiente promedio en bosques dentro de áreas protegidas al 2010 es de 16.1%, mientras que los bosques fuera de áreas protegidas se encuentran en sitios con pendientes promedio de 37.1%. Esto significa que muchos de los bosques fuera de áreas protegidas son realmente áreas marginales, poco deseables para el cambio hacia usos agrícolas y/o cultivos agroindustriales y probablemente mucho más estables o menos susceptibles a ser deforestadas en el corto plazo. La figura 18 muestra una comparación entre los valores de rango de pendiente para bosques dentro y fuera de Áreas Protegidas.

**Figura 18.**  
Valores de rango de pendiente (%) para bosques dentro y fuera de Áreas Protegidas al 2010



Comparaciones de tamaño de parche de bosque fueron también realizadas dentro y fuera de áreas protegidas con datos al 2010. En general fue posible determinar que los bosques dentro de áreas protegidas están menos fragmentados que fuera de ellas. El 78% de la superficie de bosque en parches mayores a 50 mil ha está dentro de áreas protegidas y estos bosques ubicados en los parches más grandes identificados comprenden el 45.8% del total de bosque remanente al 2010. Actualmente las áreas protegidas conservan los remanentes de bosque continuo más grandes del país, los cuales garantizan una mejor adaptación al cambio climático y son fuente de recursos estratégicos, como agua y estabilización de suelos, claves para la economía y la sostenibilidad del desarrollo en Guatemala.

El cuadro 7 muestra los estimados de proporción por tamaño de parche al 2010 dentro y fuera de áreas protegidas. La figura 19 muestra un mapa que clasifica el bosque remanente en el país por tamaño de parche.



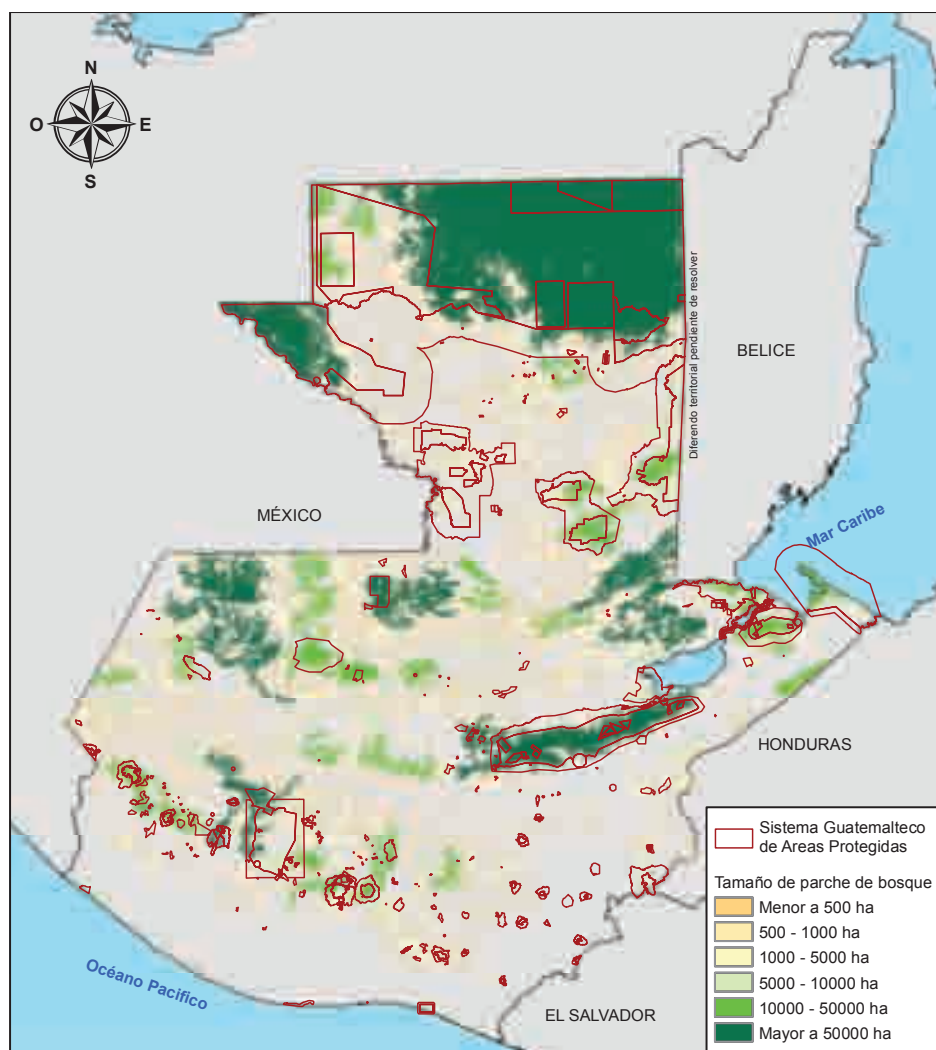
**Cuadro 7.**

Proporciones de bosque dentro y fuera de Áreas Protegidas por tamaño de parche al 2010 y % del total de bosque en cada clase de tamaño de parche

Rango de tamaño de parche de bosque al 2010	% del rango dentro de Áreas Protegidas	% del rango fuera de Áreas Protegidas	% del total nacional de bosque al 2010
0-500 ha	24.1	75.9	24.3
500-1,000 ha	26.1	73.9	3.0
1,000-5,000 ha	26.3	73.7	9.0
5,000-10,000 ha	37.5	62.5	4.5
10,000-50,000 ha	40.7	59.3	13.4
> 50,000 ha	78.0	22.0	45.8

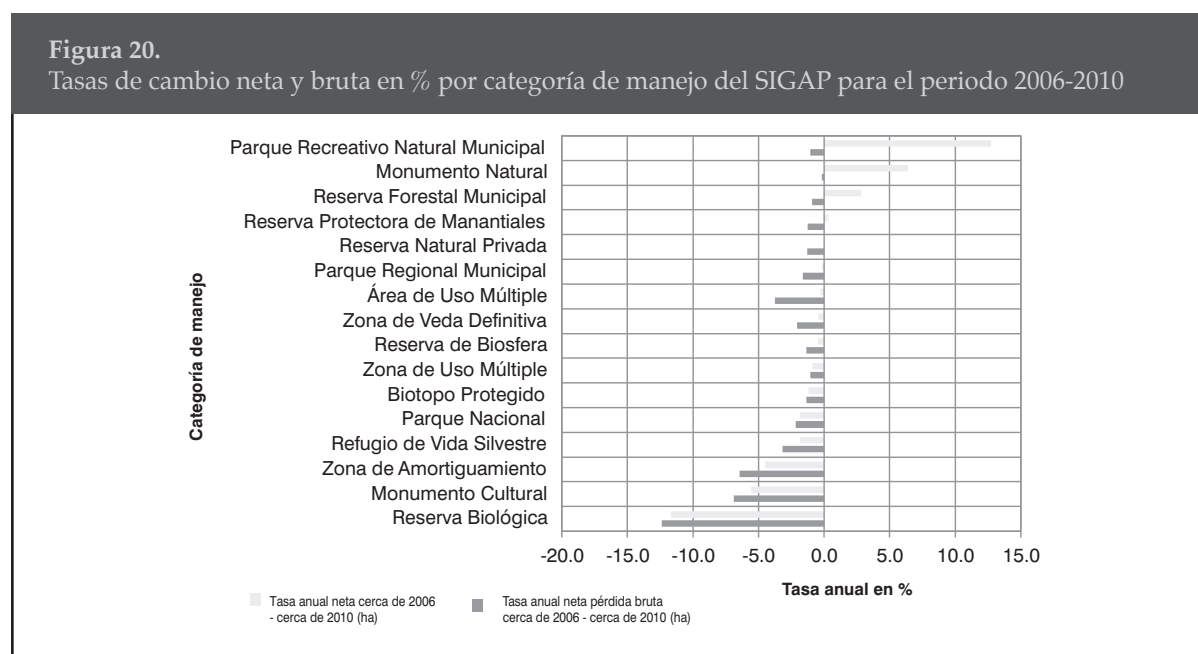
**Figura 19.**

Bosque remanente al 2010 por tamaño de parche con relación al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas



En adición a lo anterior debe también aclararse que cerca de 3,500 ha reportadas como pérdidas dentro de la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de Biosfera Maya ocurrieron a causa de los efectos del Huracán Richard (octubre 2010). Un análisis específico de sensores remotos permitió estimar el tamaño de los daños así como incorporar esta información a los datos de fecha cerca a 2010. Se espera que los bosques afectados se recuperen y probablemente serán reportados como regeneración en la siguiente evaluación de dinámica.

Se estimó variables de dinámica de uso del suelo para las categorías de manejo dentro del SIGAP determinando que las tasas anuales de pérdida neta y bruta en superficie se atribuyen en cerca de un 40% a la Zona de Amortiguamiento que tiene la menor cantidad de restricciones de manejo dentro de las zonificaciones internas de las áreas protegidas del SIGAP. Sin embargo, si se estiman los valores de tasas anuales neta y bruta en porcentaje los valores máximos se ubican en la categoría de Reserva Biológica con valores de alrededor del 12% de conversión anual. La figura 20 muestra los valores de tasa bruta y neta anuales por categoría de manejo.

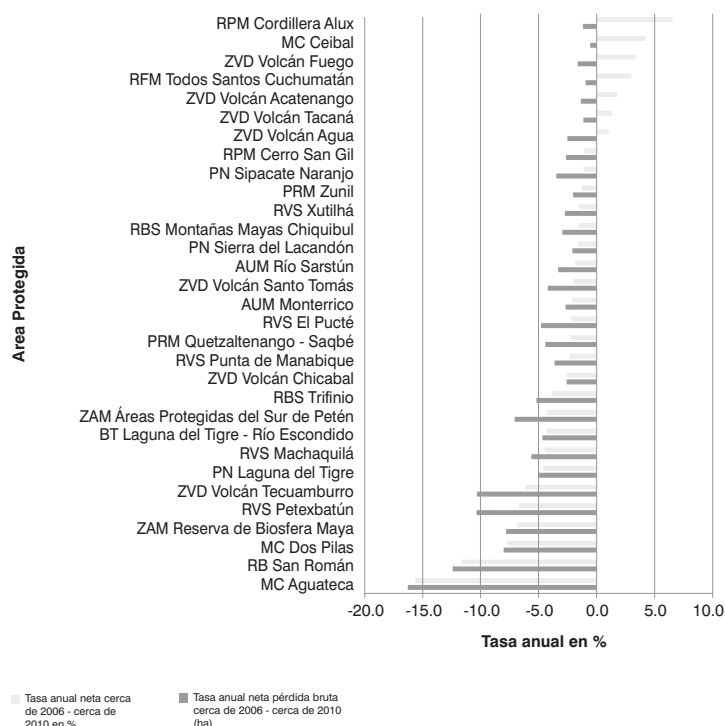


Al considerar únicamente áreas con más de 1,000 ha de bosque en la fecha cerca a 2006 las áreas protegidas con tasas netas más destacadas por su volumen de pérdidas o ganancias (debajo de -1% anual y arriba de +1% anual) se muestran en la figura 21.

Una zona del país bajo inmensas presiones de ingobernabilidad, violencia y expansión de cultivos agroindustriales es Sayaxché en el sur del departamento de Petén. En ese municipio se encuentran las áreas protegidas con las tasas más notables de pérdida de cobertura forestal incluyendo al Monumento Cultural Aguateca, la Reserva Biológica San Román y el Monumento Cultural Dos Pilas que reportan los valores anuales más altos de tasa anual neta de todas las áreas seleccionadas con los criterios anteriores. La figura 21 muestra los valores de tasas anuales netas y brutas para algunas áreas protegidas seleccionadas.

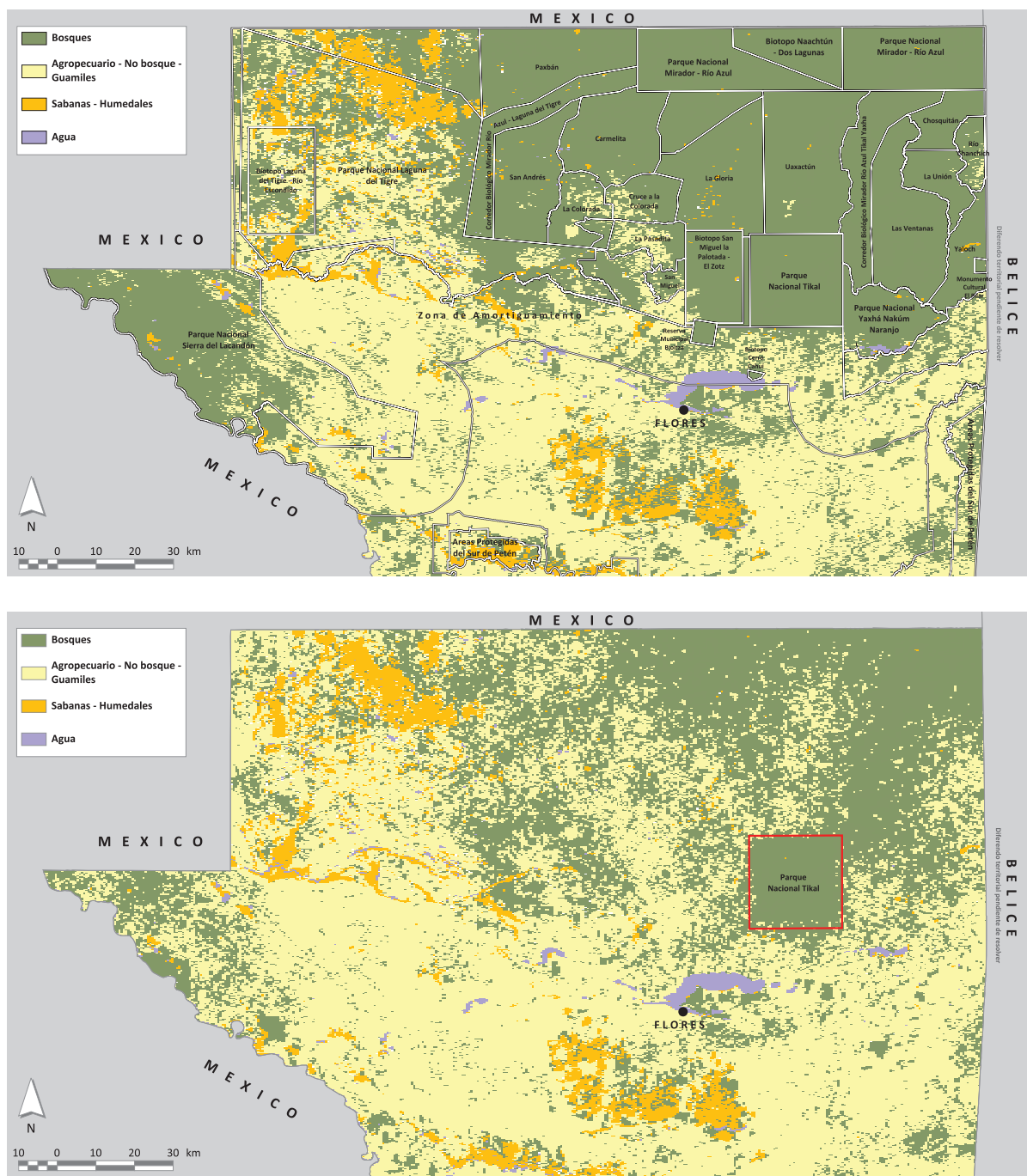
**Figura 21**

Tasas anuales brutas y netas de cambio en Áreas Protegidas selectas



Es muy probable que sin las áreas protegidas el país tendría mucho menos bosque que lo que tiene actualmente. En un ejemplo simulado para la Reserva de Biosfera Maya –RBM (norte de Petén)–, basado en Ramos *et al*, 2007 se ilustra lo que pudo haber pasado sin la declaratoria como área protegida de este espacio que representa cerca de la quinta parte del territorio nacional (figura 22). Se estima que lo que habría sucedido en el interior de la reserva se parecería mucho a los espacios fuera de ella con la muy posible excepción del Parque Nacional Tikal, declarado en 1955. La RBM y las áreas protegidas en general han frenado la expansión de caminos y asentamientos (hasta cierto punto) que determinan en gran medida la ocurrencia de la deforestación.

Figura 22.  
Deforestación simulada con y sin declaratoria de la RBM al año 2010



Simulación del norte del petén en 2010 sin declaratoria de la RBM.

## 6.8 Información por departamentos

### Alta Verapaz

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Alta Verapaz en el año 2006 contaba con 372,588 ha de bosque. Para el año 2010 se reporta una cobertura forestal de 375,345 ha.

Se estima que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 61,455 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 64,211 ha; teniendo una ganancia neta de 2,756 ha de bosque.

Estas 2,756 hectáreas de ganancia neta, representan una recuperación del 0.74% del bosque que existía en el año 2006, en este departamento. La tasa de recuperación para el departamento de Alta Verapaz es de 651 ha/año, equivalente al 0.17% del bosque en el 2006.

**Cuadro 8.**  
Cobertura forestal reportada para Alta Verapaz en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
511,140	444,619	377,950	372,588	375,345

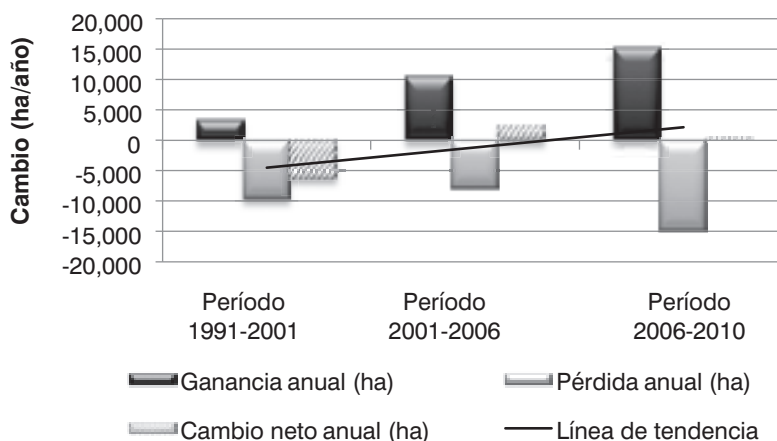
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

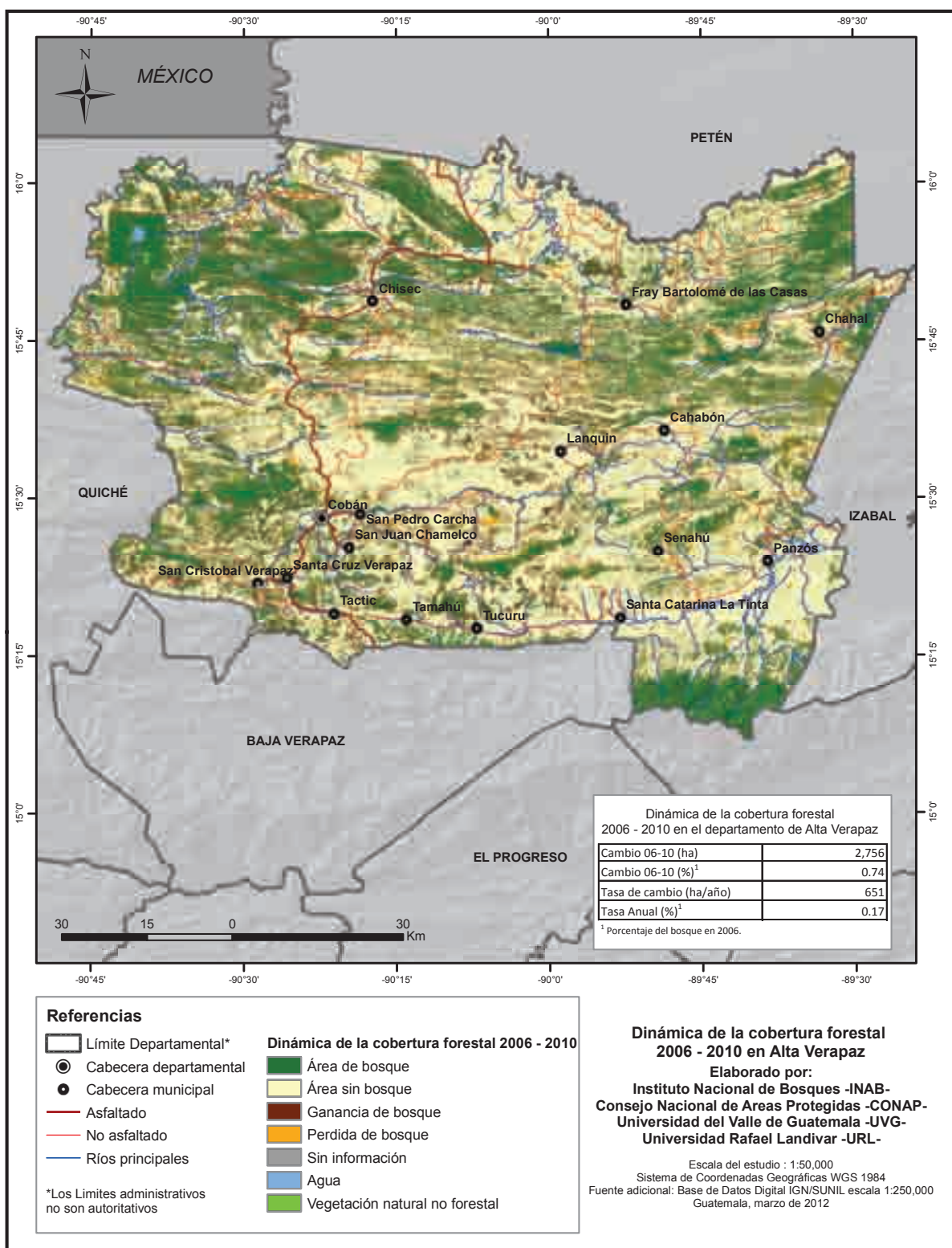
#### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la del estudio realizado de los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que para este departamento solamente hubo pérdida neta de bosques en el primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una leve recuperación del bosque a partir del segundo período de estudio.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Alta Verapaz en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 23.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Alta Verapaz en los tres períodos de referencia







## Baja Verapaz

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Baja Verapaz en el período 2006 contaba con 108,096 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 100,989 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 17,769 ha de bosque. Durante ese mismo período se recuperaron 10,662 ha; teniendo una pérdida neta de -7,107 ha de bosque.

Estas 7,107 hectáreas de pérdida neta, representan una deforestación del 6.57% del bosque que existía en el año 2006, en este departamento. La tasa de cambio para el departamento de Baja Verapaz es de -1,569 ha/año, o un -1.50% por año con respecto al bosque reportado para el año 2006.

**Cuadro 9.**

Cobertura forestal reportada para Baja Verapaz en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
125,240	118,804	110,840	108,096	100,989

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

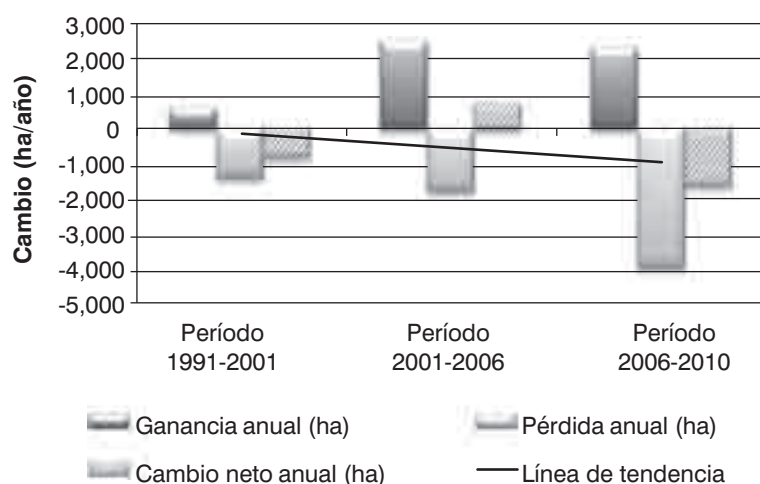
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

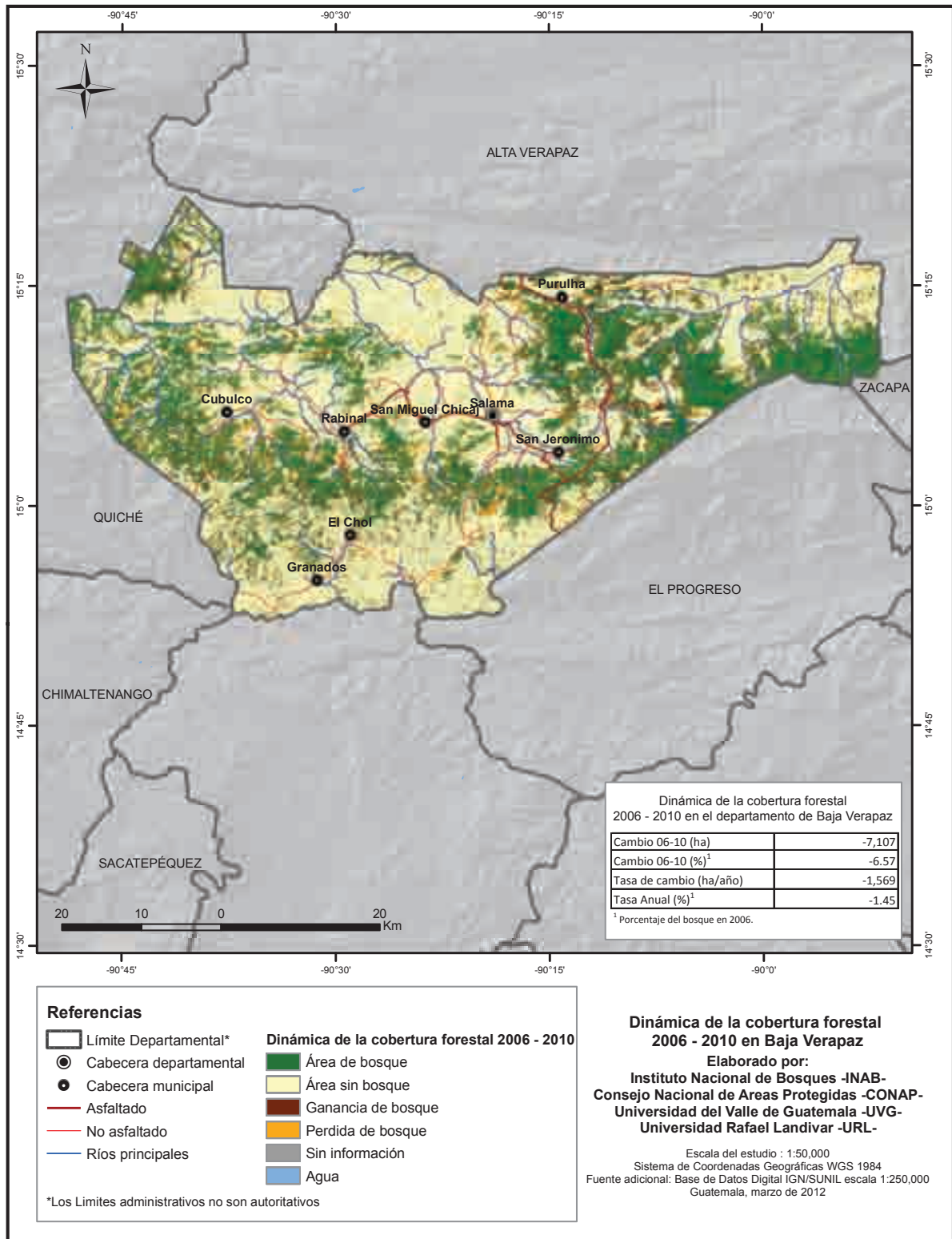
Al observar entre la dinámica forestal del presente estudio, con la del estudio realizado para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo ganancia neta de bosques en el segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada pérdida de bosque en los últimos años, según los resultados obtenidos.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Baja Verapaz en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 24.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Baja Verapaz en los tres períodos de referencia







## Chimaltenango

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Chimaltenango en el período 2006 contaba con 66,720 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 67,640 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 11,303 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 12,223 ha; teniendo una ganancia neta de 920 ha de bosque.

Esas 920 hectáreas de ganancia neta en el departamento de Chimaltenango, representan una ganancia del 1.38% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de recuperación forestal para el departamento de Chimaltenango es de 276 ha/año, equivalente al 0.41% anual, según el bosque existente al año 2006.

**Cuadro 10.**  
Cobertura forestal reportada para Chimaltenango en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
93,773	92,081	71,565	66,720	67,640

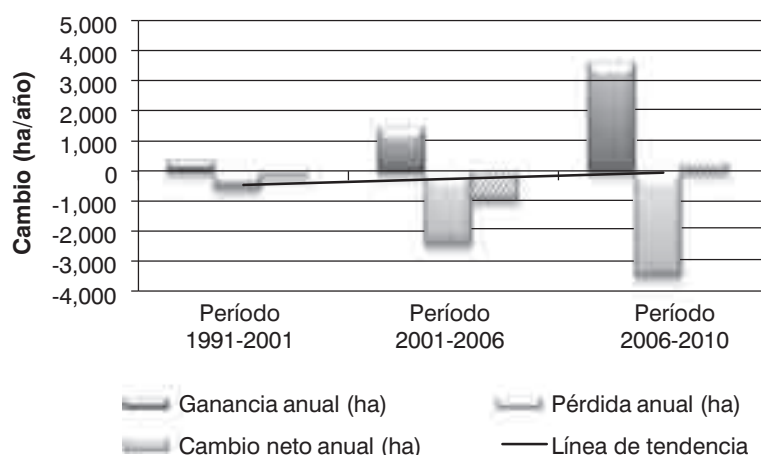
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

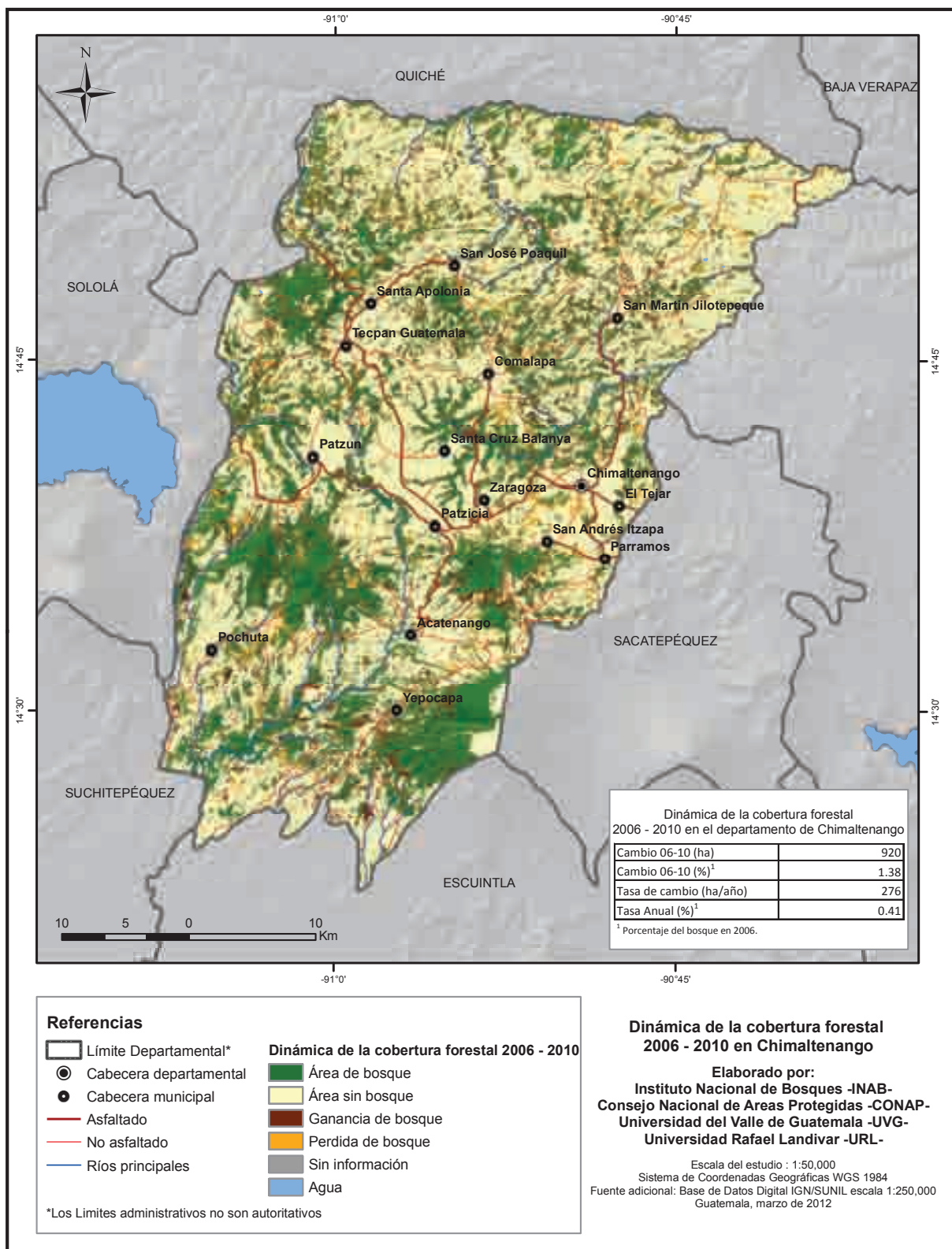
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar entre la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados en los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el segundo período (2001-2006), y el único con ganancia es el tercer período (2006-2010). En este departamento se muestra una tendencia levemente inclinada a la recuperación de su cobertura forestal. Los principales macizos boscosos de este departamento se sitúan en las partes altas y en los conos volcánicos.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chimaltenango en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 25.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Chimaltenango en los tres períodos de referencia





## Chiquimula

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Chiquimula en el período 2006 contaba con 40,256 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 30,192 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 14,651 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,587 ha; teniendo una pérdida neta de -10,063 ha de bosque.

Esas -10,163 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Chiquimula, representan una disminución del 25.00% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Chiquimula es de 1,908 ha/año, equivalente al 4.74% anual del bosque existente al año 2006.

**Cuadro 11.**

Cobertura forestal reportada para Chiquimula en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
57,997	48,423	43,165	40,256	30,192

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

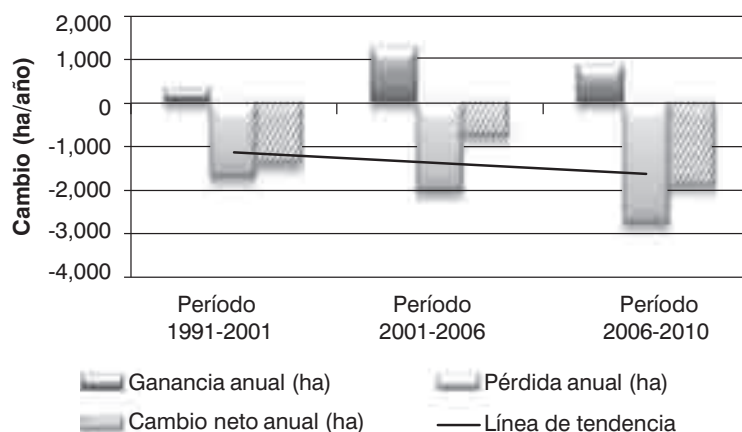
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

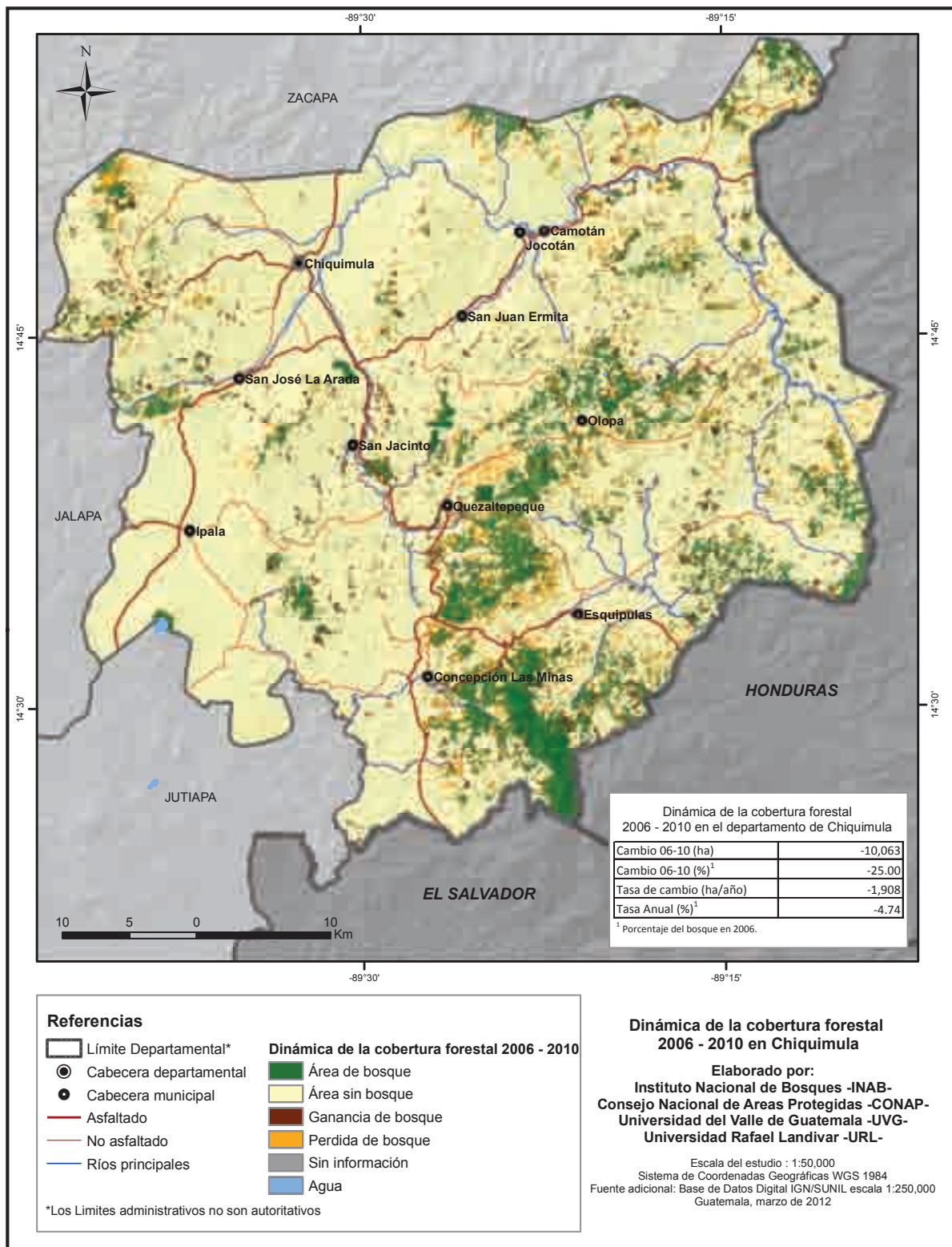
Al comparar entre la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el tercer período (2006-2010), superando por más de 1,000 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se observa una tendencia clara hacia la pérdida de bosque. Los remanentes boscosos de este departamento son escasos y puede observarse la acelerada pérdida de cobertura boscosa en el contorno de los mismos.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chiquimula en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 26.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Chiquimula en los tres períodos de referencia







### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de El Progreso en el período 2006 contaba con 40,689 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 38,493 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 7,061 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,865 ha; teniendo una pérdida neta de -2,196 ha de bosque.

Esas -2,196 hectáreas de pérdida neta en el departamento de El Progreso, representan una disminución del 5.40% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de El Progreso es de 512 ha/año, equivalente al 1.26% anual del bosque existente en el año 2006. El principal remanente boscoso de este departamento se localiza en la Sierra de Las Minas.

**Cuadro 12.**

Cobertura forestal reportada para El Progreso en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
61,724	55,837	43,943	40,689	38,493

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

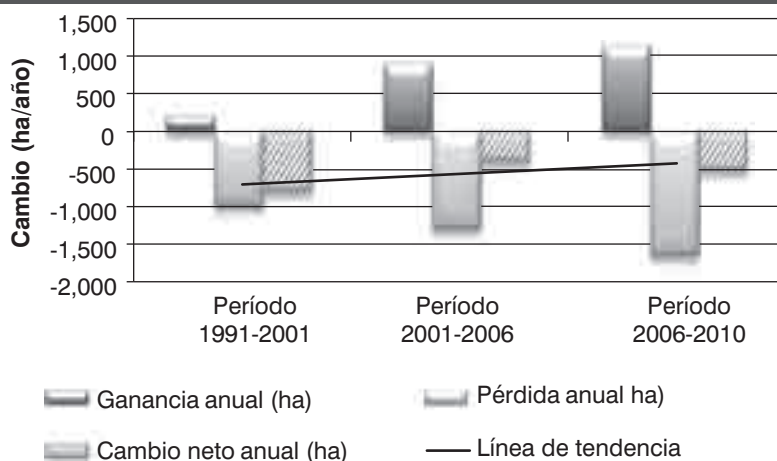
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

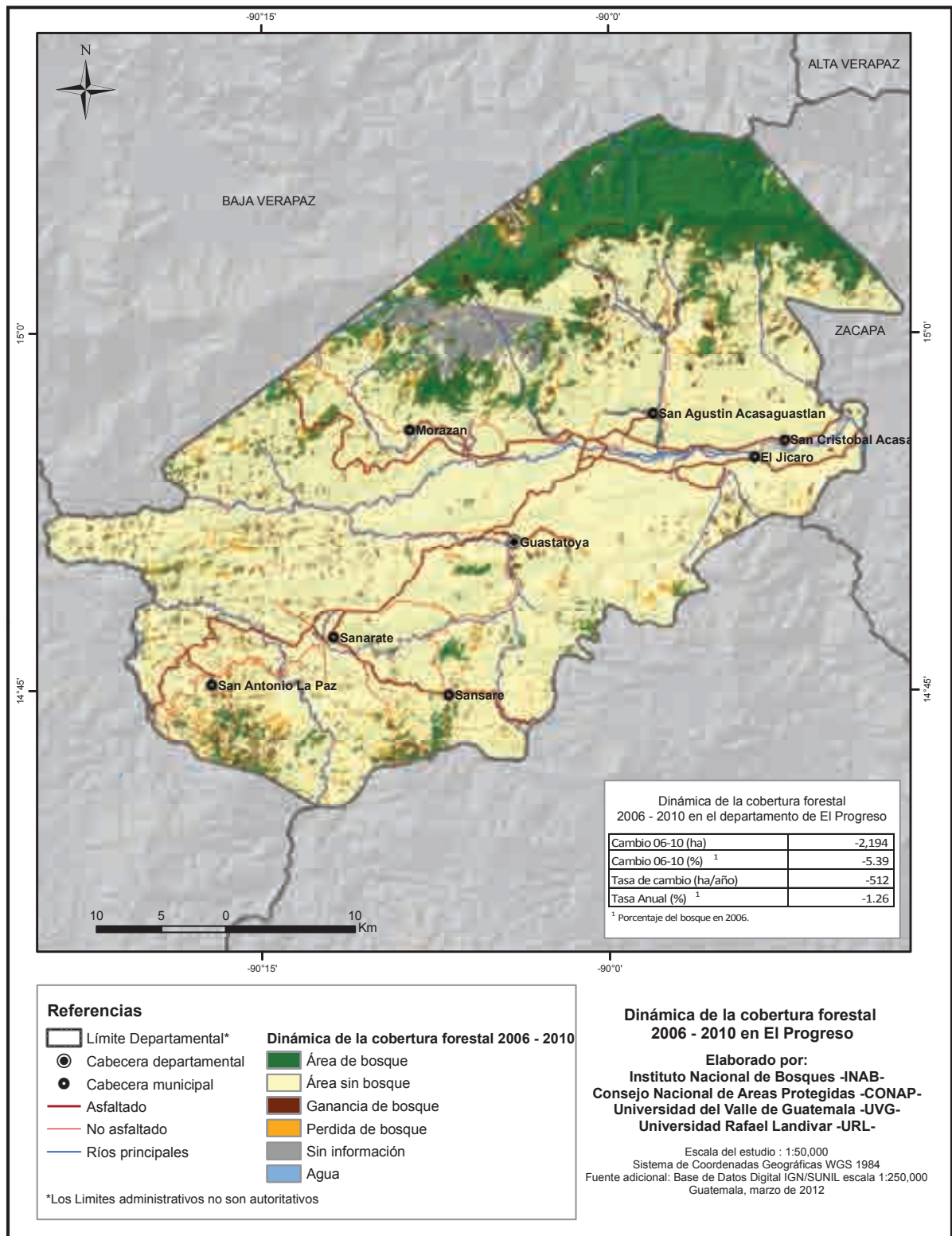
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida neta de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 404 ha/año al segundo período (2001-2006) y en 281 ha/año al tercer período. Sin embargo, en este departamento se muestra un nuevo incremento en pérdida del bosque para este último período.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de El Progreso en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 27.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en El Progreso en los tres períodos de referencia





## Escuintla

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Escuintla en el período 2006 contaba con 34,218 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 36,612 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 6,423 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 8,817 ha; teniendo una ganancia neta de 2,394 ha de bosque.

Estas 2,394 hectáreas de ganancia neta en este departamento, representan una recuperación del 7.00% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de recuperación para el departamento de Escuintla es de 719 ha/año, equivalente al 2.10% anual del bosque existente al año 2006.

**Cuadro 13.**

Cobertura forestal reportada para Escuintla en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
43,044	40,240	32,016	34,218	36,612

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

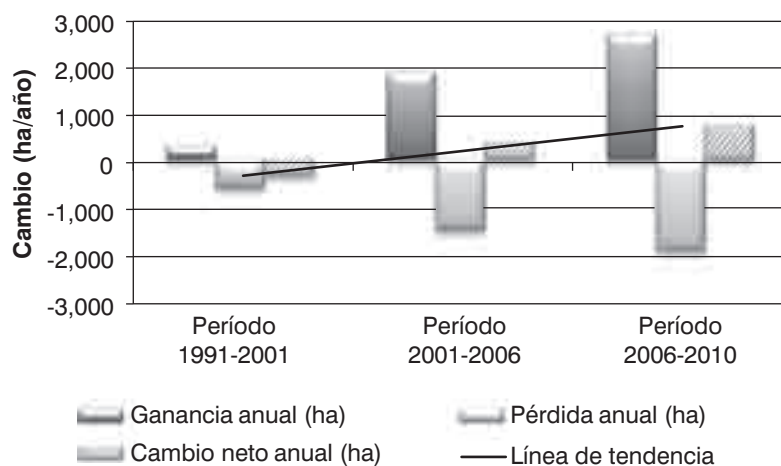
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

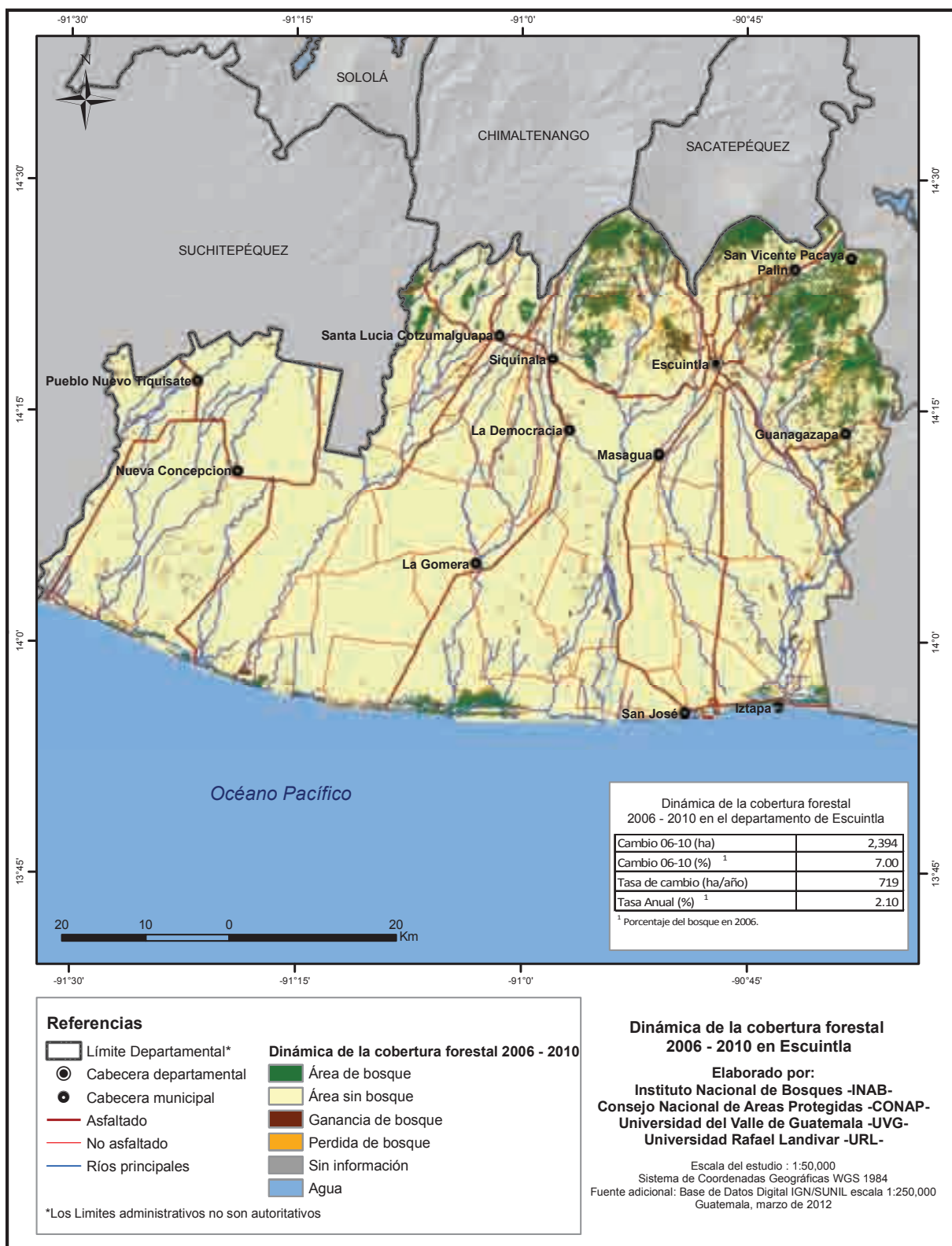
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados en los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo pérdida de bosques en el primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una tendencia a la recuperación de cobertura forestal, dicha recuperación está localizada en las partes altas del departamento y de las cuencas que lo conforman, así como en las orillas de las zonas costeras de manglares.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Escuintla en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 28.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Escuintla en los tres períodos de referencia







## Guatemala

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Guatemala en el período 2006 contaba con 62,920 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 57,782 ha. Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 17,792 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 12,653 ha; teniendo una pérdida neta de -5,139 ha de bosque.

Estas -5,139 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Guatemala, representan una disminución del 8.17% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Guatemala es de 1,544 ha/año, equivalente al 2.45% anual del bosque existente al año 2006.

**Cuadro 14.**

Cobertura forestal reportada para Guatemala en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
89,505	87,004	69,365	62,920	57,782

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

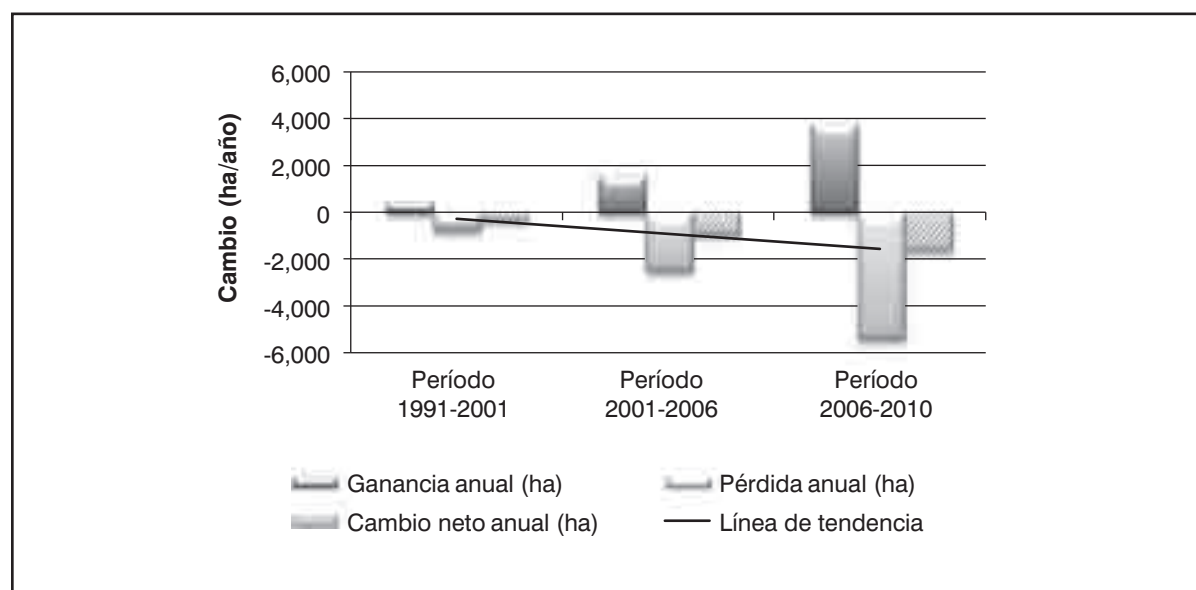
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

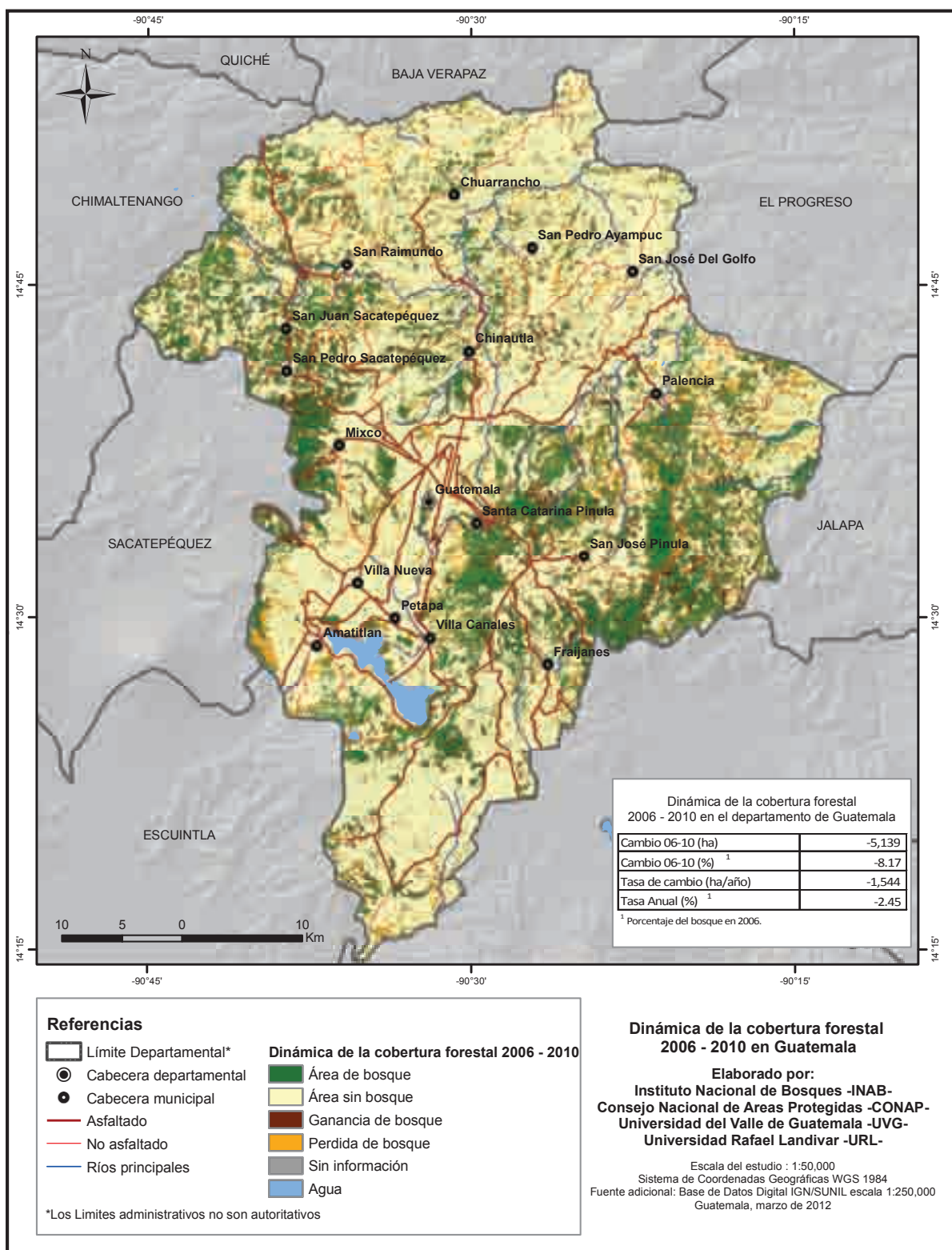
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el tercer período (2006-2010), superando en más de 600 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una tendencia orientada hacia la pérdida de bosque.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Guatemala en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 29.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en el departamento de Guatemala en los tres períodos de referencia





## Huehuetenango

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Huehuetenango en el período 2006 contaba con 243,523 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 263,470 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 29,664 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 49,611 ha; teniendo una ganancia neta de 19,947 ha de bosque.

Estas 19,947 hectáreas de ganancia neta en el departamento de Huehuetenango, representan una recuperación del 8.19% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de recuperación para el departamento de Huehuetenango es de 6,346 ha/año, equivalente al 2.61% anual del bosque existente al año 2006.

**Cuadro 15**

Cobertura forestal reportada para Huehuetenango en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
244,462	219,148	219,957	243,523	263,470

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

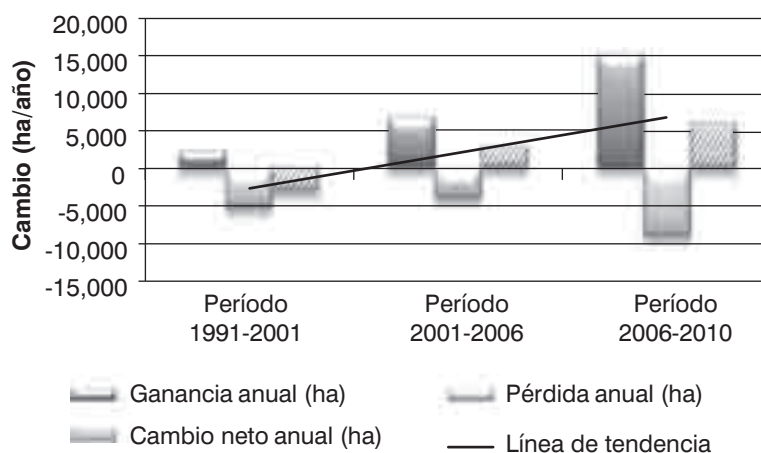
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo pérdida neta de bosques en el primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una marcada tendencia en la recuperación del bosque.

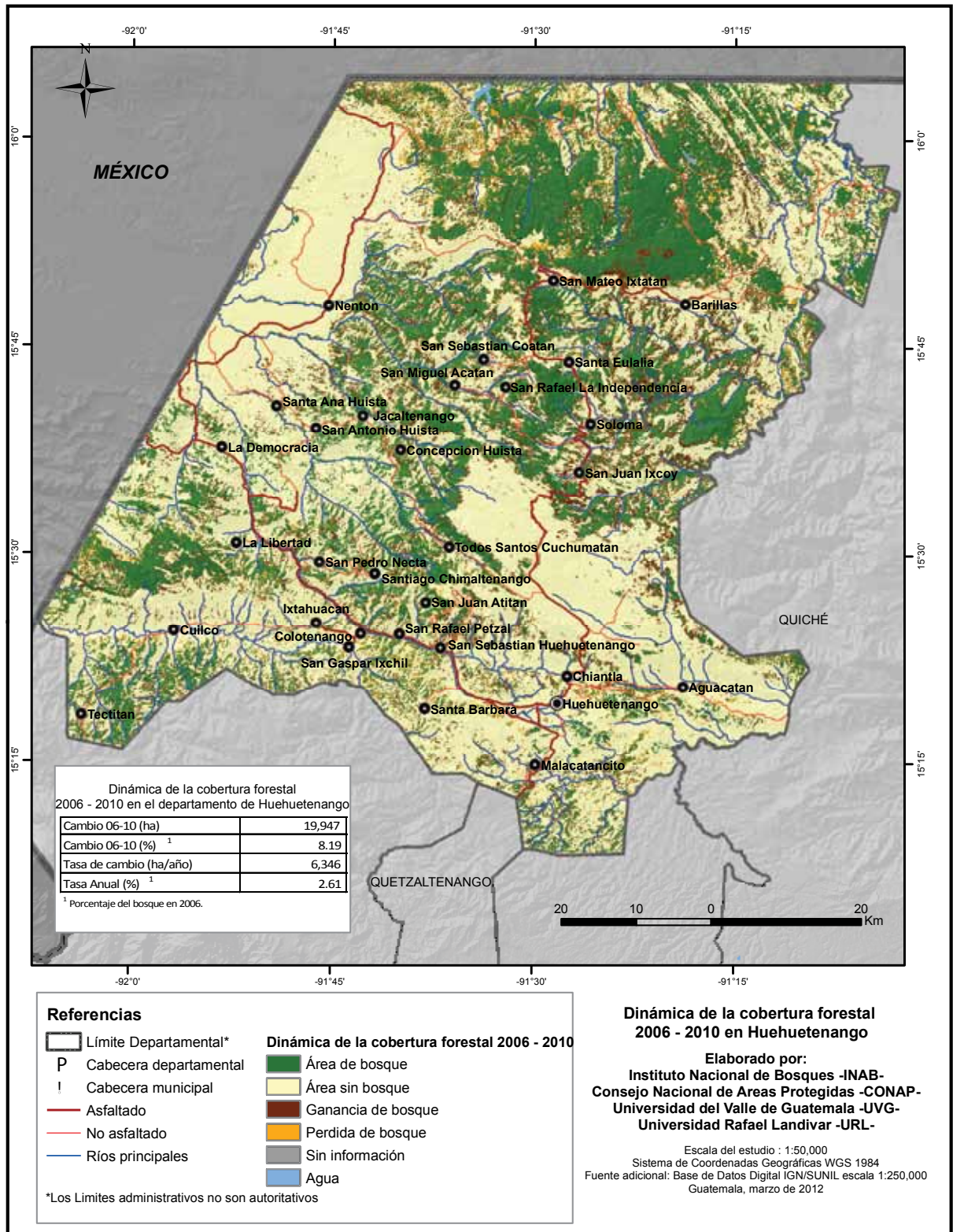
La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Huehuetenango en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 30.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Huehuetenango en los tres períodos de referencia







## Izabal

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Izabal en el período 2006 contaba con 285,617 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 264,245 ha.

Durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 43,517 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 22,145 ha; teniendo una pérdida neta de -21,372 ha de bosque.

Estas -21,372 hectáreas de pérdida neta en este departamento, representan una deforestación del 7.48% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de pérdida en cobertura forestal para el departamento de Izabal es de 4,272 ha/año, equivalente al 1.50% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 16.**

Cobertura forestal reportada para Izabal en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
373,022	360,496	289,714	285,617	264,245

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

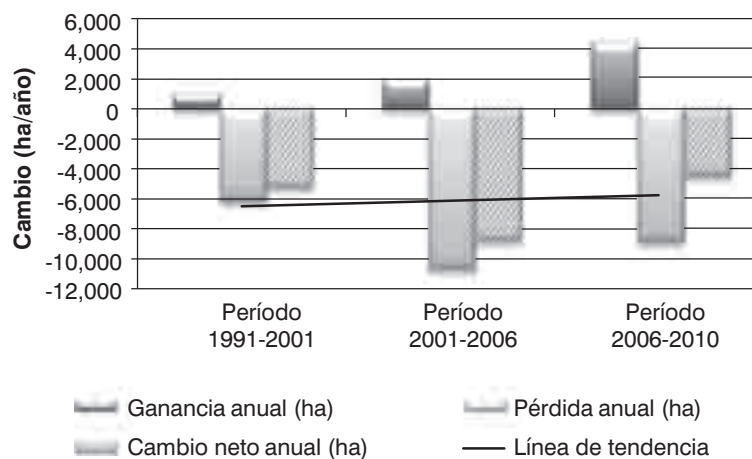
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

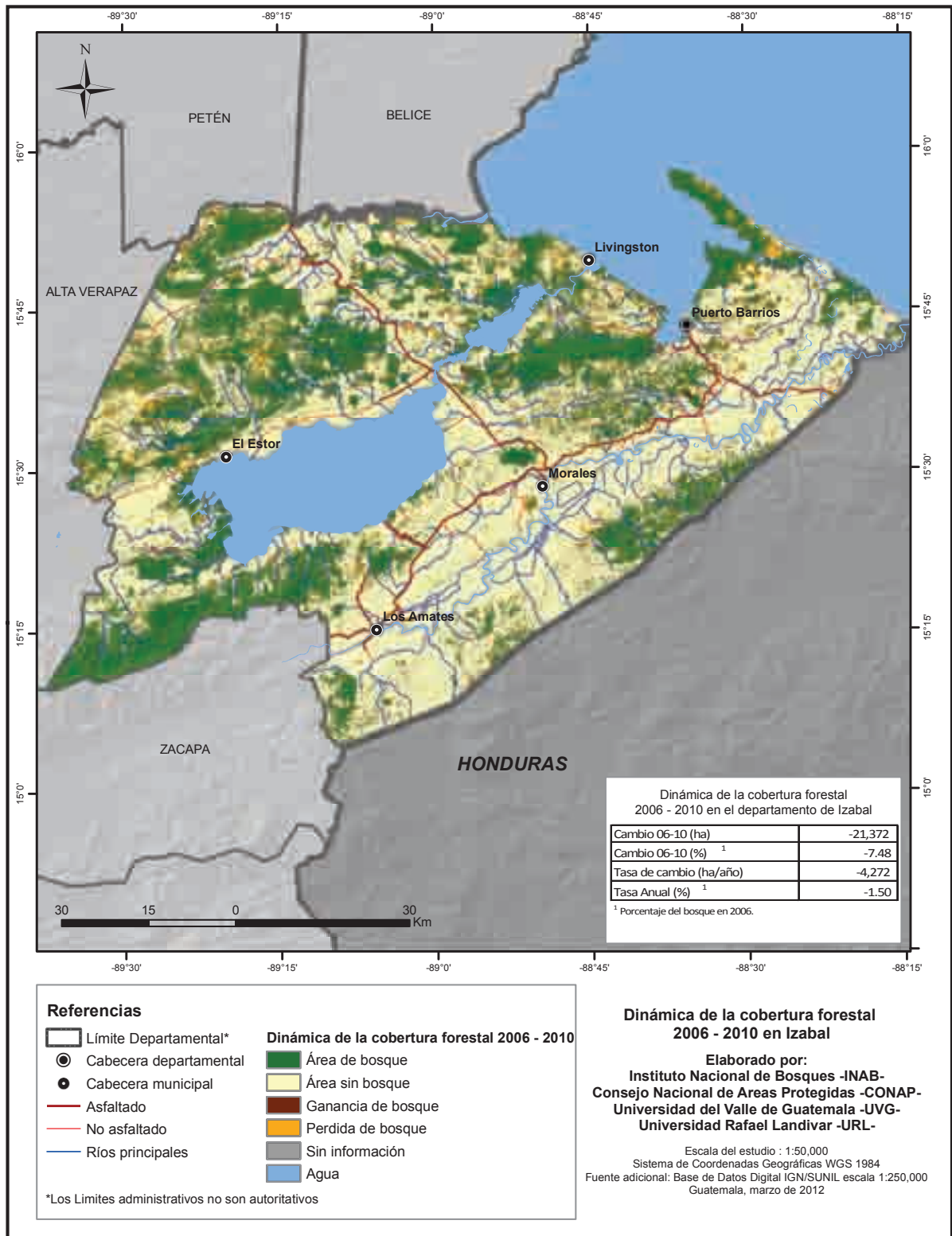
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el segundo período (2001-2006), superando en 3,538 ha/año al primer período (1991-2001). El período con menor pérdida es el tercero (2006-2010), aunque aún se observa una alta pérdida anual. La deforestación puede observarse en las partes bajas de los remanentes boscosos y en particular en el área de la Punta de Manabique.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Izabal en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 31.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Izabal en los tres períodos de referencia





## Jalapa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Jalapa en el período 2006 contaba con 23,417 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 22,408 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 6,234 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 5,225 ha; teniendo una pérdida neta de -1,009 ha de bosque.

Estas -1,009 hectáreas de pérdida neta de bosque en el departamento de Jalapa, representan una pérdida del 4.31% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para este departamento es de 202 ha/año, equivalente al 0.86% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 17.**

Cobertura forestal reportada para Jalapa en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
50,594	45,036	26,112	23,417	22,408

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

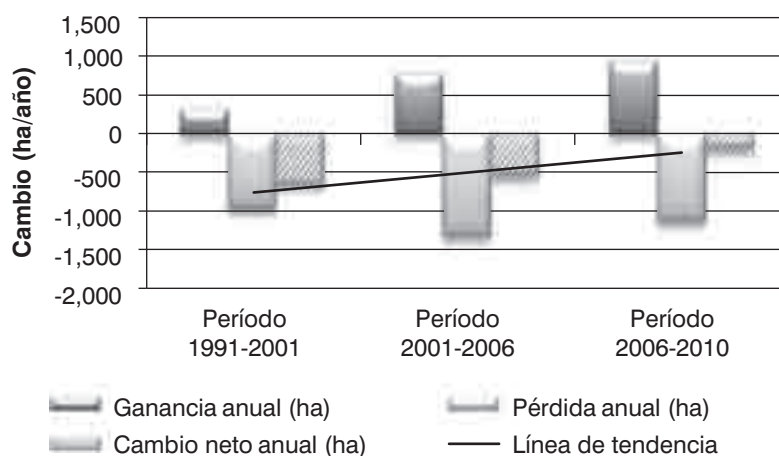
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la del estudio realizado para el período 1991-2001, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 124 ha/año al segundo período (2001-2006). En el tercer período, para este departamento se muestra una reducción del cambio neto, aunque éste se mantiene negativo.

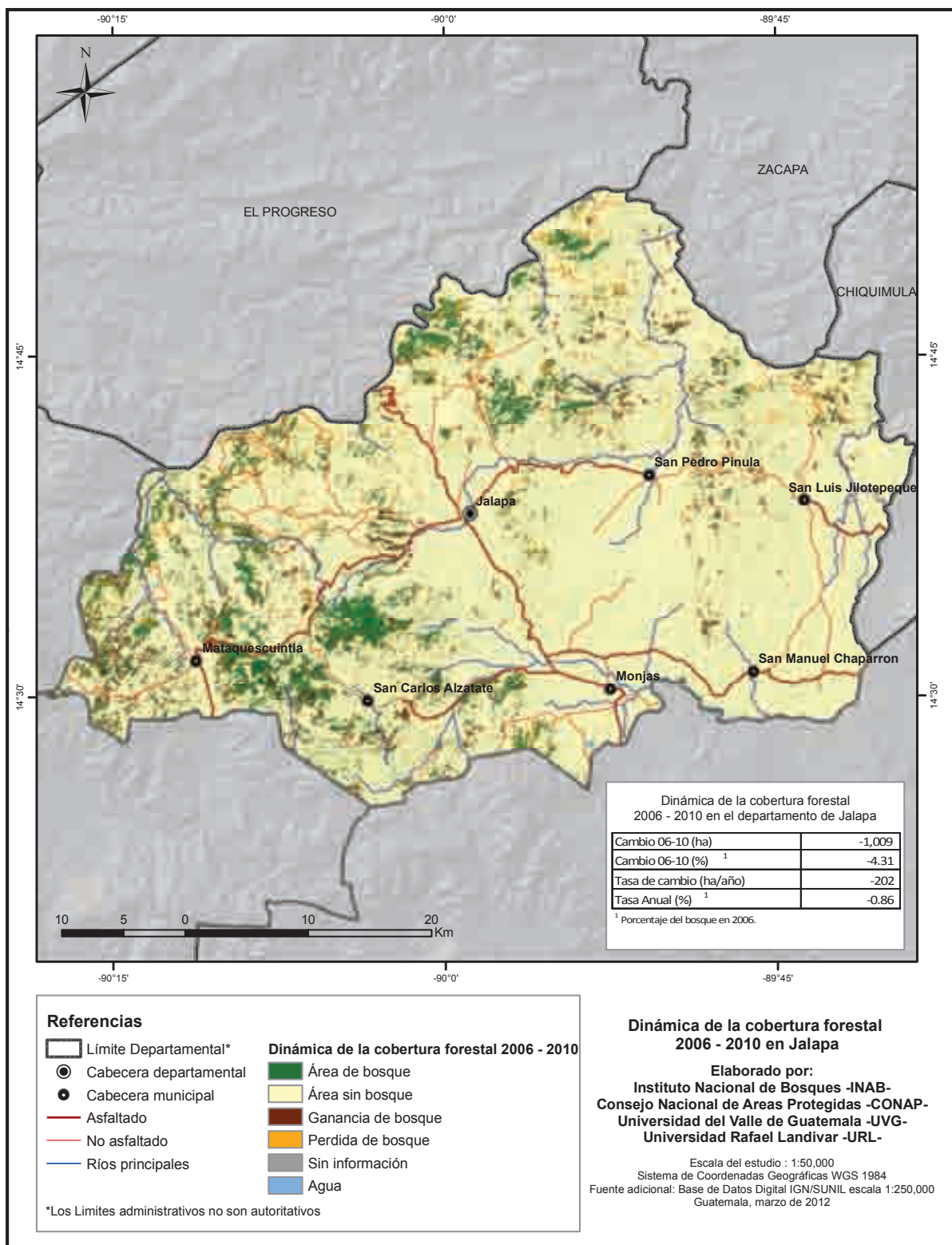
La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jalapa en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 32.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Jalapa en los tres períodos de referencia









## Jutiapa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Jutiapa en el período 2006 contaba con 15,651 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 12,730 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 5,682 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 2,762 ha; teniendo una pérdida neta de -2,920 ha de bosque.

Estas -2,920 hectáreas de pérdida neta de cobertura boscosa en el departamento de Jutiapa, representan una pérdida del 18.66% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para este departamento es de 555 ha/año, equivalente al 3.55% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 18.**

Cobertura forestal reportada para Jutiapa en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
35,829	27,936	18,136	15,651	12,730

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

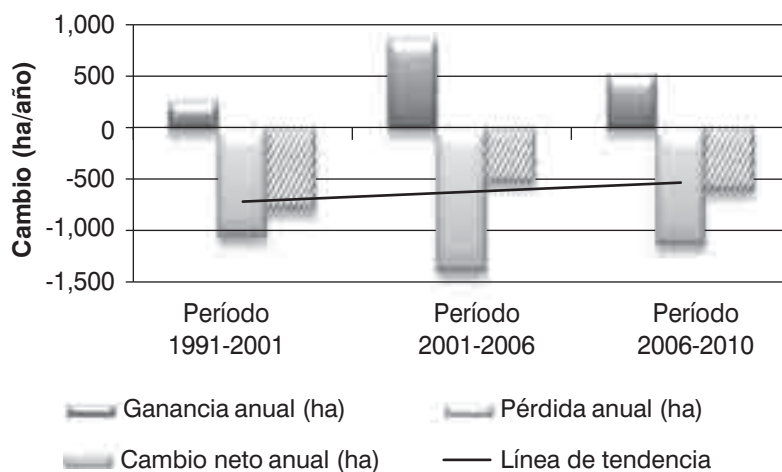
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 267 ha/año al segundo período (2001-2006) y en 184 ha/año al tercer período, pero la pérdida de bosque se ha mantenido en los tres períodos.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jutiapa en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 33.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Jutiapa en los tres períodos de referencia





## Petén

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Petén en el período 2006 contaba con 1,927,215 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 1,802,604 ha.

Durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 176,826 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 52,216 ha; teniendo una pérdida neta de -124,611 ha de bosque.

Estas -124,611 hectáreas de pérdida neta de bosque en el departamento de Petén, representan una disminución del 6.47% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Petén es de 40,125 ha/año, equivalente al 2.08% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 19.**  
Cobertura forestal reportada para Petén en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
2,264,643	2,394,064	2,192,096	1,927,215	1,802,604

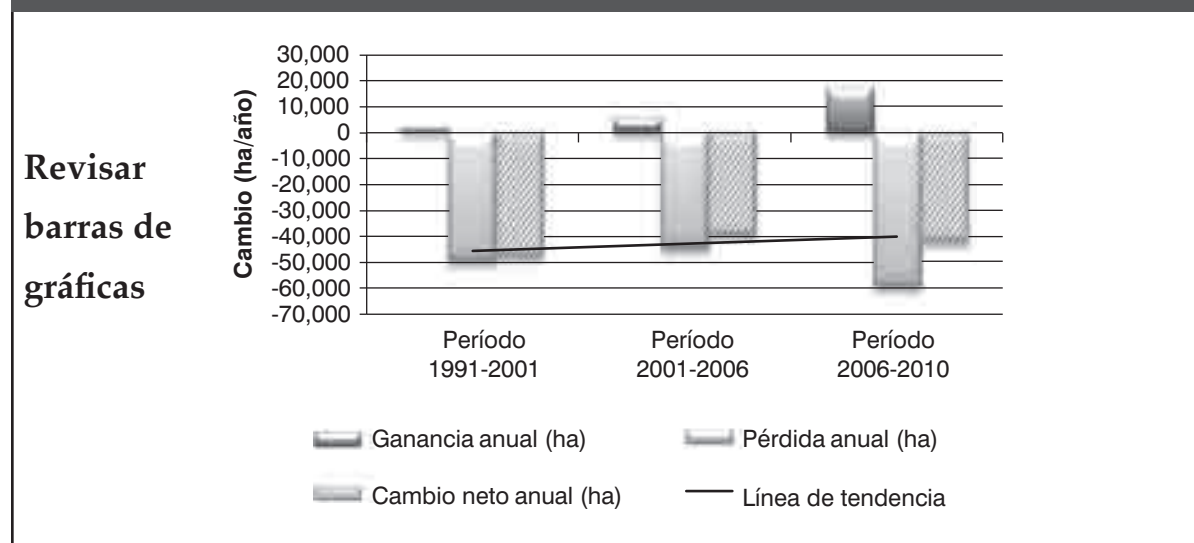
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

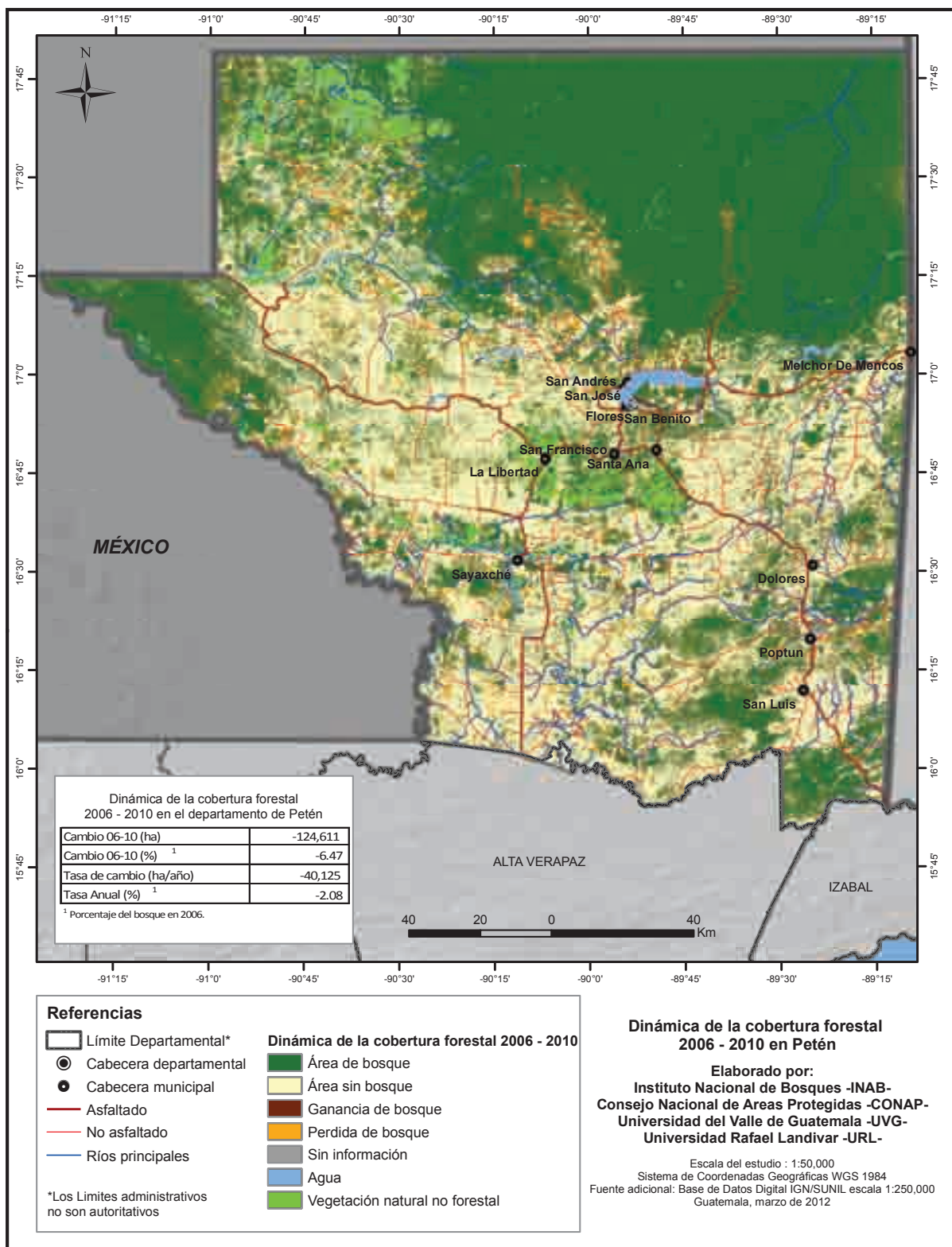
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 8,244 ha/año al segundo período (2001-2006). Aunque en los tres períodos se muestra una marcada pérdida del bosque. Para mayor información sobre Petén, revisar sección 6.8 dinámica de cobertura forestal en Áreas Protegidas de este mismo documento.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Petén en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 34.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Petén en los tres períodos de referencia





## Quetzaltenango

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Quetzaltenango en el período 2006 contaba con 56,061 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 55,730 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 7,538 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 7,208 ha; teniendo una pérdida neta de -331 ha de bosque.

Esas -331 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Quetzaltenango, representan una deforestación del 0.59% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Quetzaltenango es de 81 ha/año, equivalente al 0.14% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 20.**  
Cobertura forestal reportada para Quetzaltenango en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
49,072	49,309	55,346	56,061	55,730

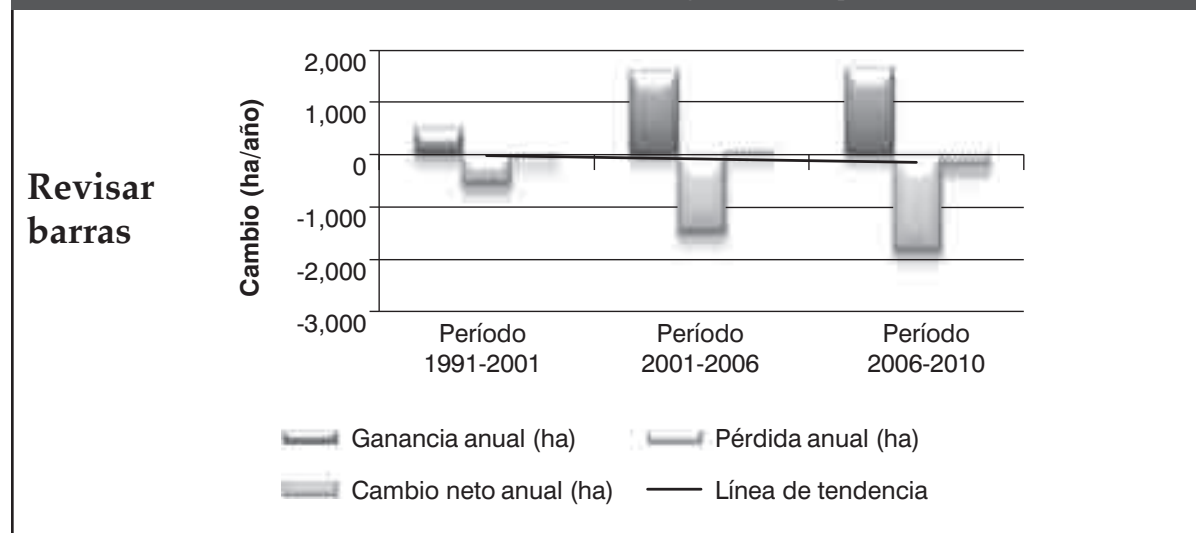
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

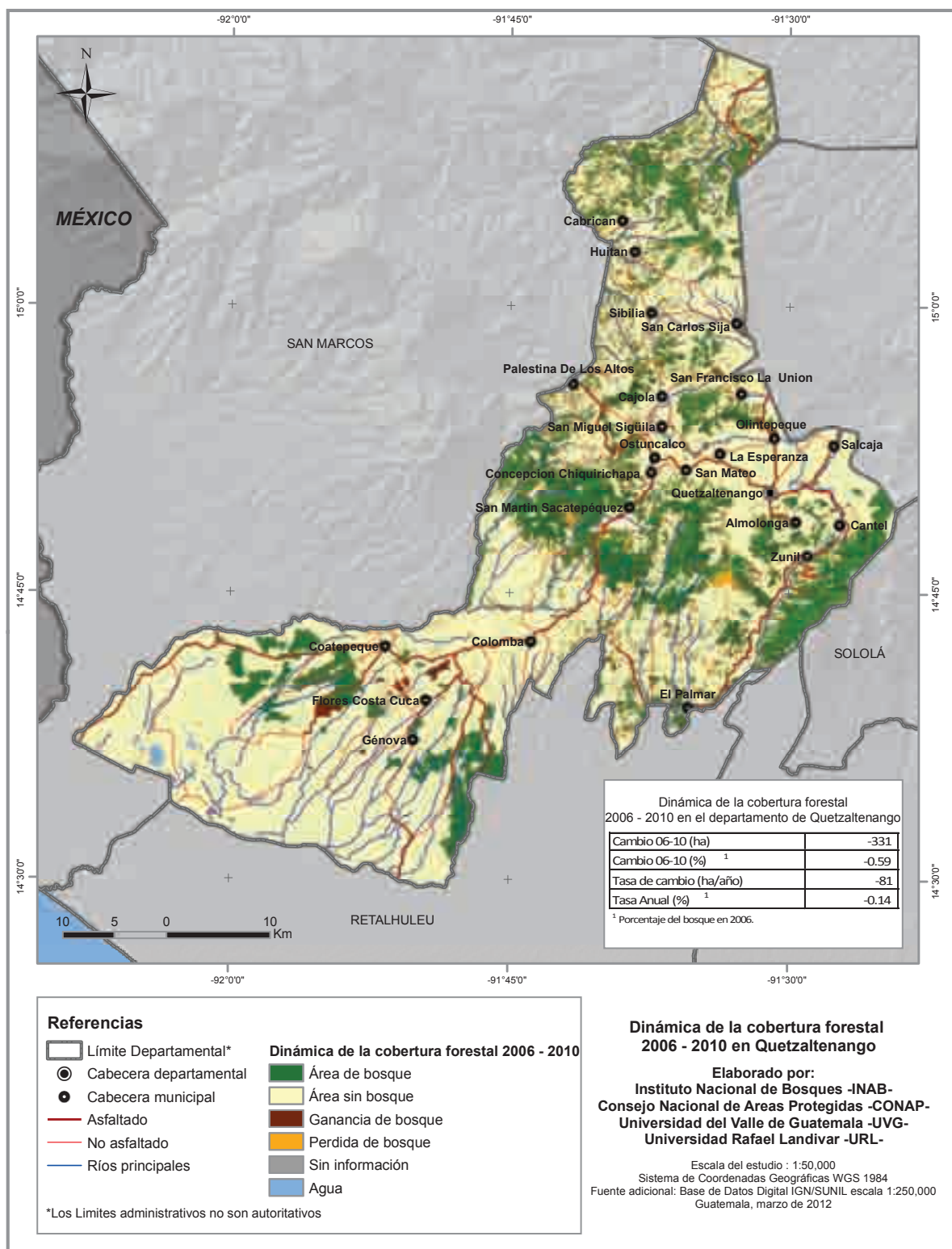
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo ganancia neta de bosques en el segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una pérdida relativamente baja de bosque y que aumenta progresivamente en el área central del departamento.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quetzaltenango en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 35.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Quetzaltenango en los tres períodos de referencia







## Quiché

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Quiché en el período 2006 contaba con 257,704 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 264,732 ha.

Durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 38,971 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 45,999 ha; teniendo una ganancia neta de 7,027 ha de bosque.

Esas 7,027 hectáreas de ganancia neta del departamento de Quiché, representan una recuperación del 2.73% del bosque que existía en el período 2006. La tasa de reforestación para el departamento de Quiché es de 1,742 ha/año, equivalente al 0.68% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 21.**  
Cobertura forestal reportada para Quiché en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
336,518	311,085	276,267	257,704	264,732

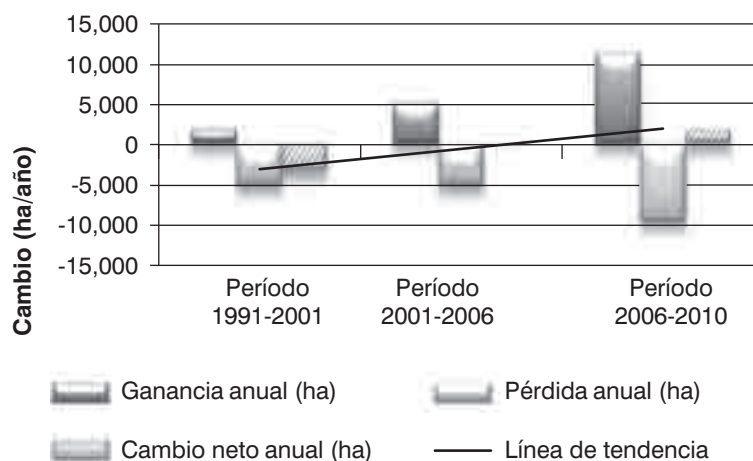
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

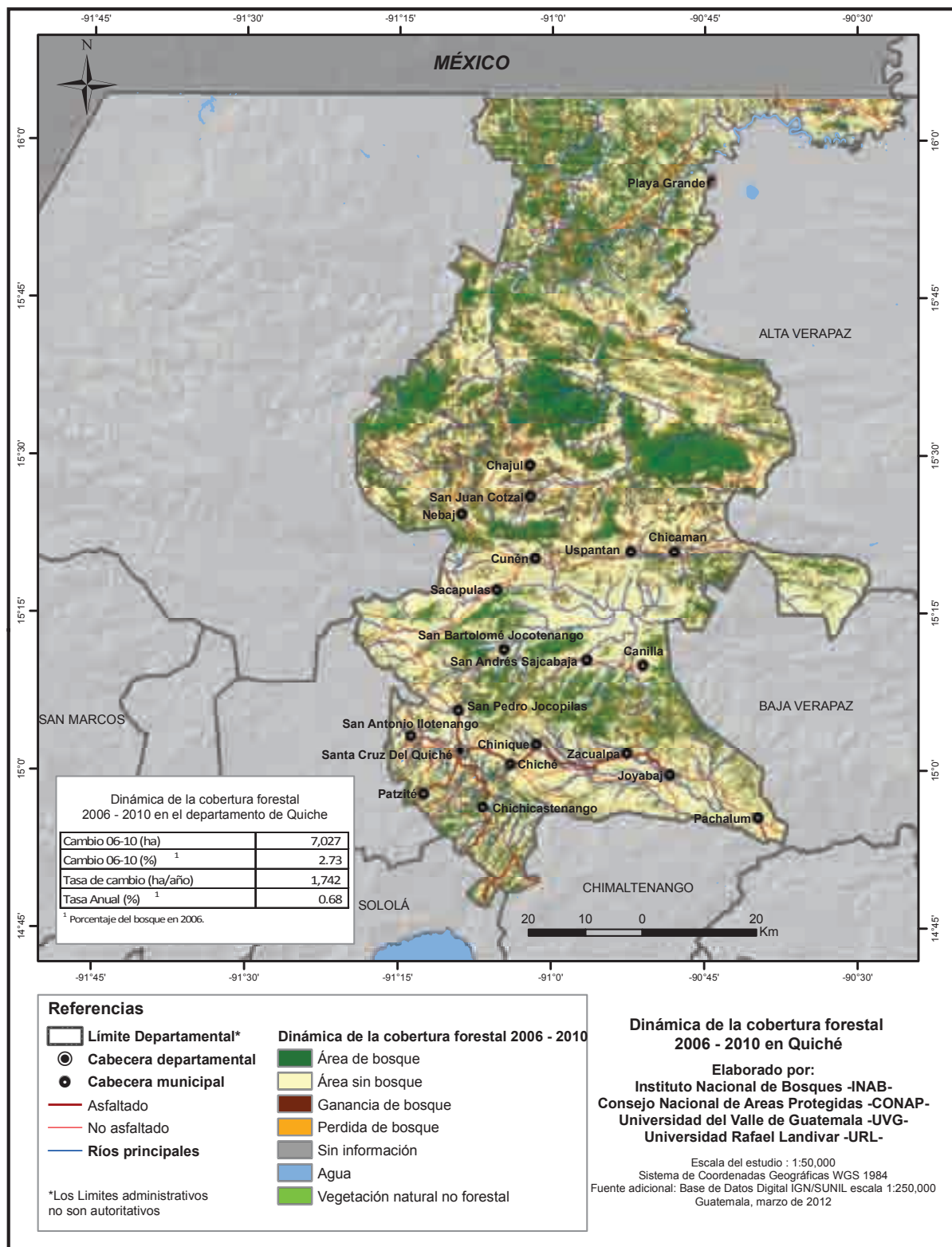
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la del estudio realizado para el período 1991-2001, se puede establecer que solamente hubo pérdida de bosques en el primer período (1991-2001), reduciéndose a un nivel prácticamente nulo para el segundo período (2001-2006) y reportando una ganancia en el tercer período (2006-2010). En este departamento se observa cierta recuperación en su cobertura forestal.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quiché en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 36.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Quiché en los tres períodos de referencia







## Retalhuleu

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Retalhuleu en el período 2006 contaba con 11,639 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 12,262 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 2,165 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 2,788 ha; teniendo una ganancia neta de 623 ha de bosque.

Estas 623 hectáreas de ganancia neta de bosque en este departamento, representan una recuperación del 5.35% del bosque que existía en 2006. La tasa de ganancia para el departamento de Retalhuleu es de 163 ha/año, equivalente al 1.40% anual del bosque existente al año 2006.

**Cuadro 22.**  
Cobertura forestal reportada para Retalhuleu en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
12,677	12,759	13,918	11,639	12,262

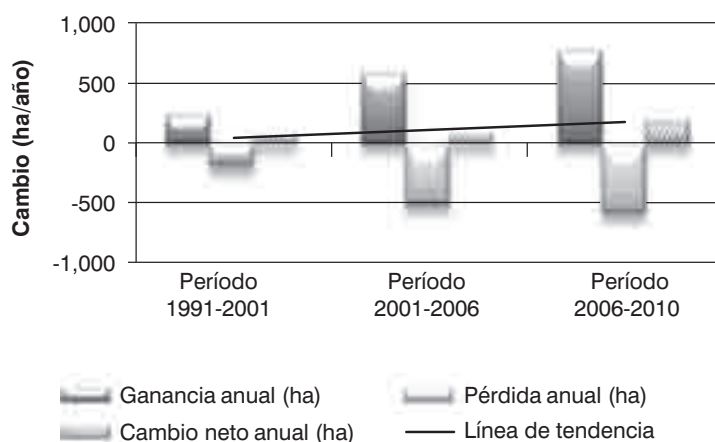
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

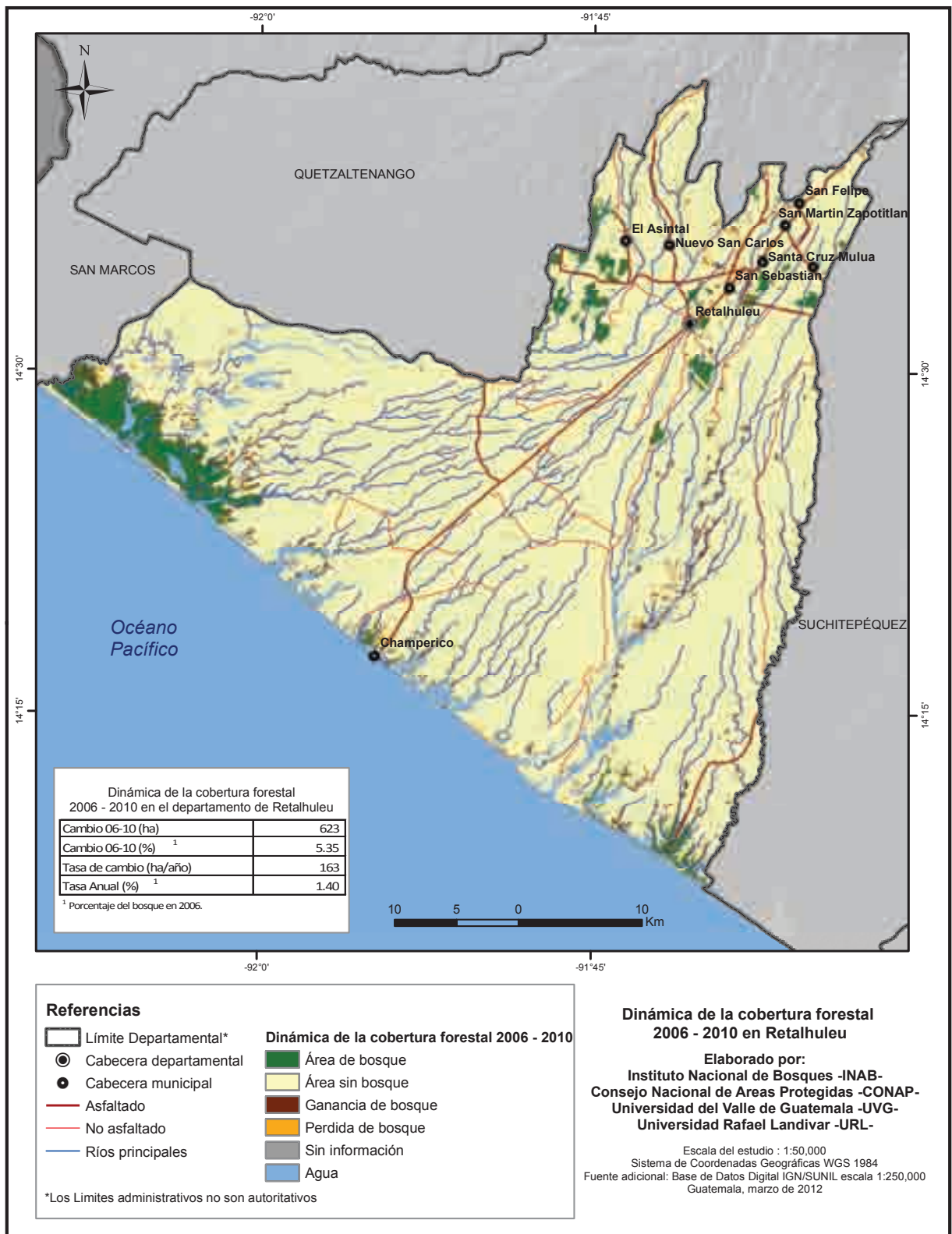
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se estableció que hubo ganancia neta de bosque en los tres períodos evaluados. En este departamento se observa una leve tendencia positiva al aumento de la cobertura forestal. La recuperación del bosque se ha dado principalmente en las áreas costeras con cobertura de manglares, y en menor escala en áreas de plantaciones de hule.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Retalhuleu en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 37.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Retalhuleu en los tres períodos de referencia





## Sacatepéquez

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Sacatepéquez en el período 2006 contaba con 21,066 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 21,638 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 3,170 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 3,742 ha; teniendo una ganancia neta de -572 ha de bosque.

Estas -572 hectáreas de ganancia neta en el departamento de Sacatepéquez, representan una recuperación del 2.71% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de recuperación para este departamento es de 172 ha/año, equivalente al 0.82% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 23.**

Cobertura forestal reportada para Sacatepéquez en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
23,974	24,189	19,037	21,066	21,638

\* = La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

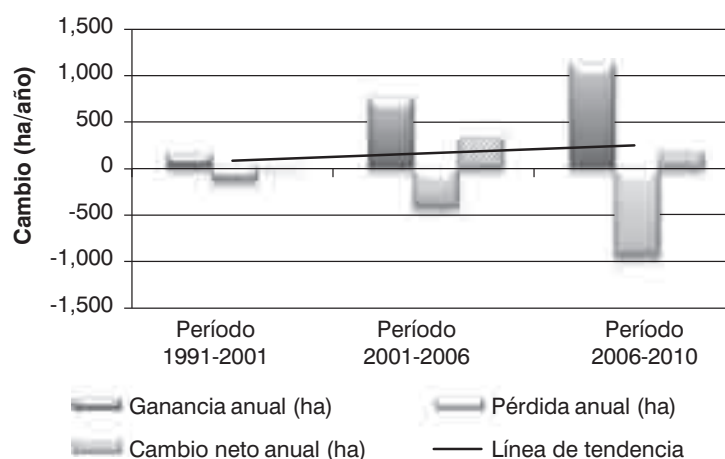
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor ganancia neta de bosques ocurrió en el segundo período (2001-2006), aunque dicha tendencia se mantiene en el tercer período (2006-2010). En este departamento se muestra una sostenida, aunque leve recuperación del bosque, principalmente alrededor de los conos volcánicos y en los astilleros municipales del departamento.

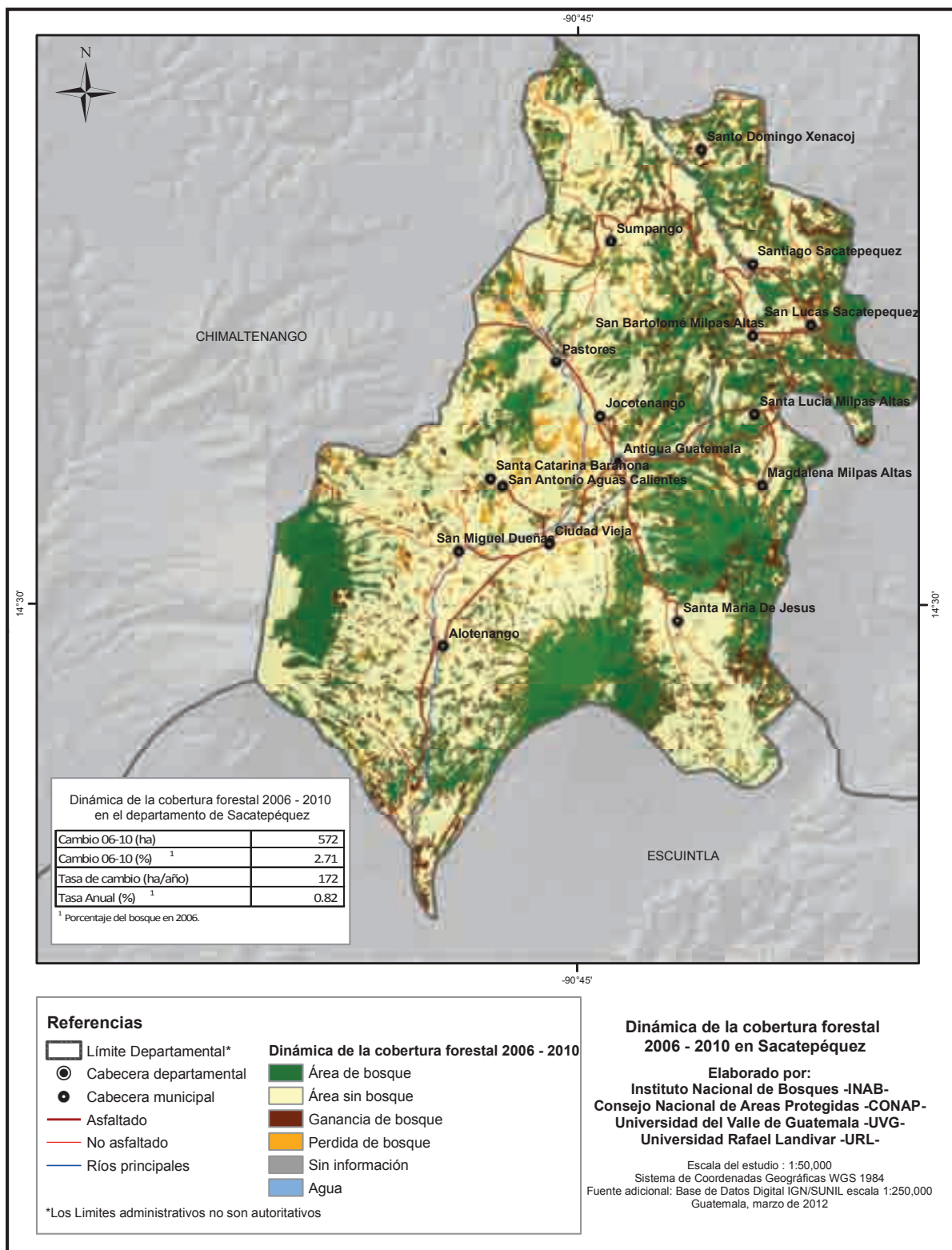
En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sacatepéquez en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 38.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Sacatepéquez en los tres períodos de referencia







## San Marcos

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de San Marcos en el período 2006 contaba con 87,246 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 86,673 ha.

Durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 14,440 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 13,867 ha; teniendo una pérdida neta de -573 ha de bosque.

Estas -573 hectáreas de pérdida neta en el departamento de San Marcos, representan una disminución del 0.66% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de San Marcos es de 140 ha/año, equivalente al 0.16% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 24.**  
Cobertura forestal reportada para San Marcos en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
99,806	97,718	84,667	87,246	86,673

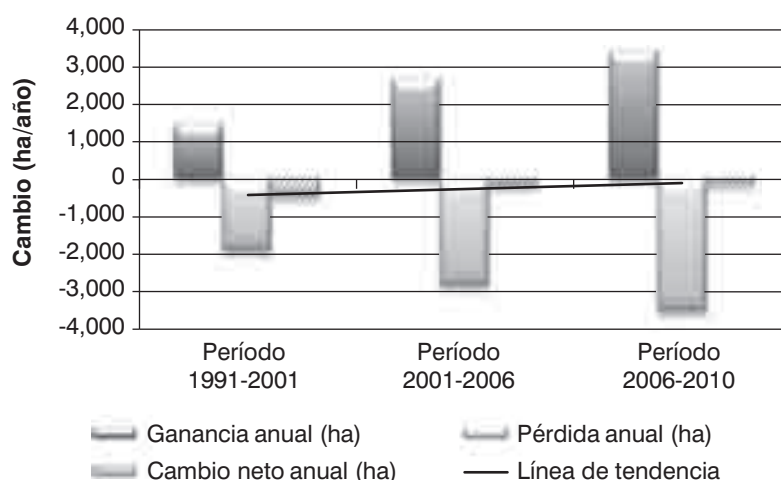
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

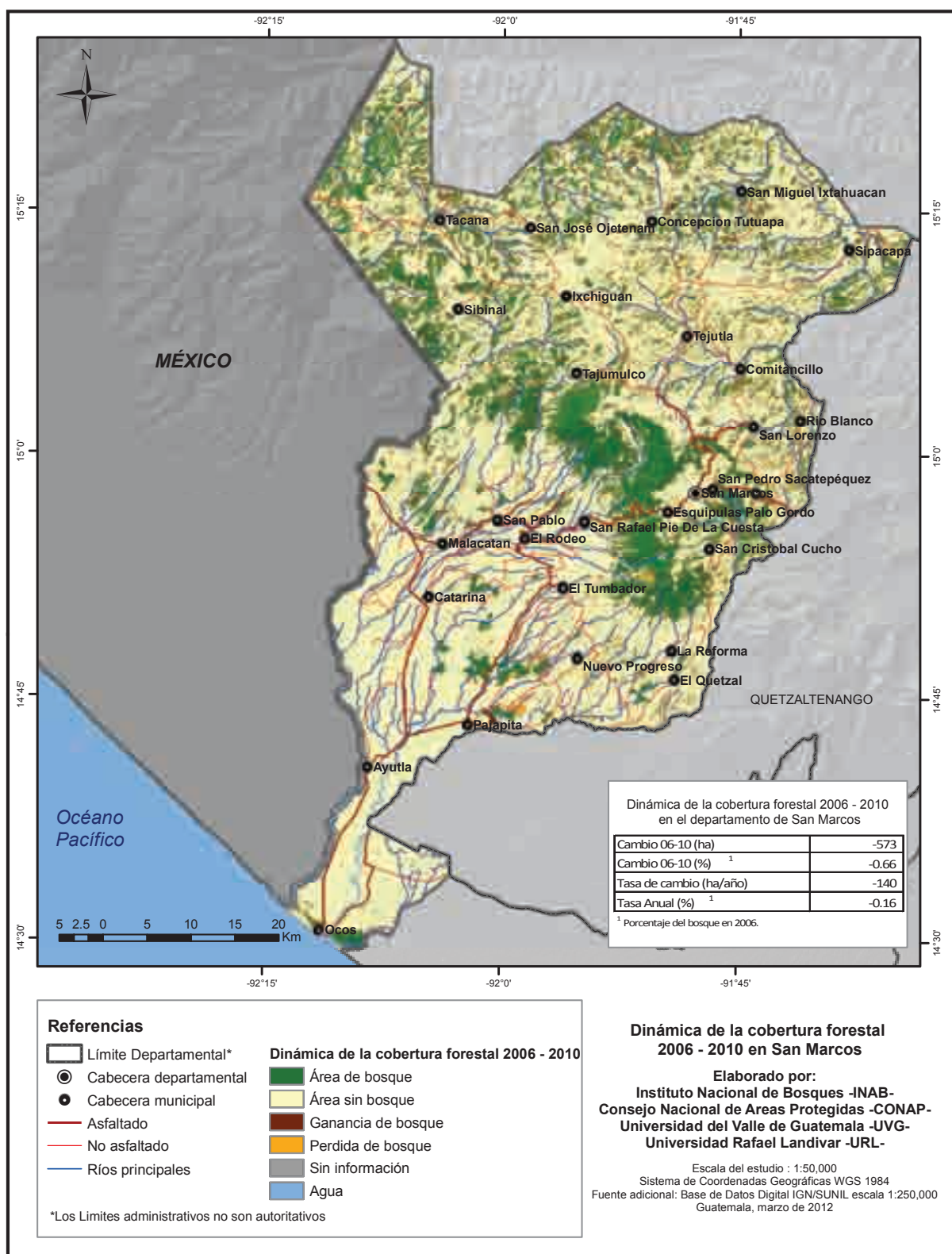
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida neta de cobertura boscosa ocurrió en el primer período (1991-2001), aunque en los tres períodos el cambio neto es bajo. En este departamento se muestra una leve tendencia orientada a la reducción en la pérdida neta de bosque. La cobertura de bosque más homogénea se localiza en los conos volcánicos de este departamento.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de San Marcos en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 39.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en San Marcos en los tres períodos de referencia







## Santa Rosa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Santa Rosa en el período 2006 contaba con 51,046 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 46,304 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 15,319 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 10,579 ha; teniendo una pérdida neta de -4,742 ha de bosque.

Estas -4,742 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Santa Rosa, representan una deforestación del 9.29% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para este departamento es de 1,281 ha/año, equivalente al 2.51% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 25.**  
Cobertura forestal reportada para Santa Rosa en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
76,044	73,134	48,350	51,046	46,304

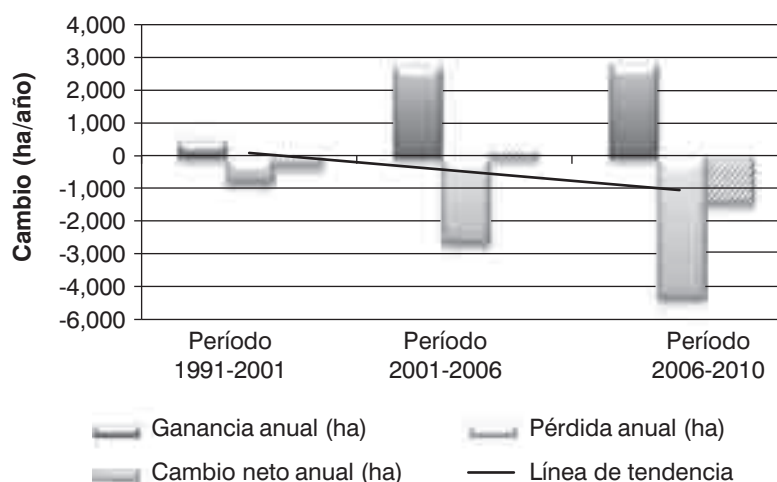
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

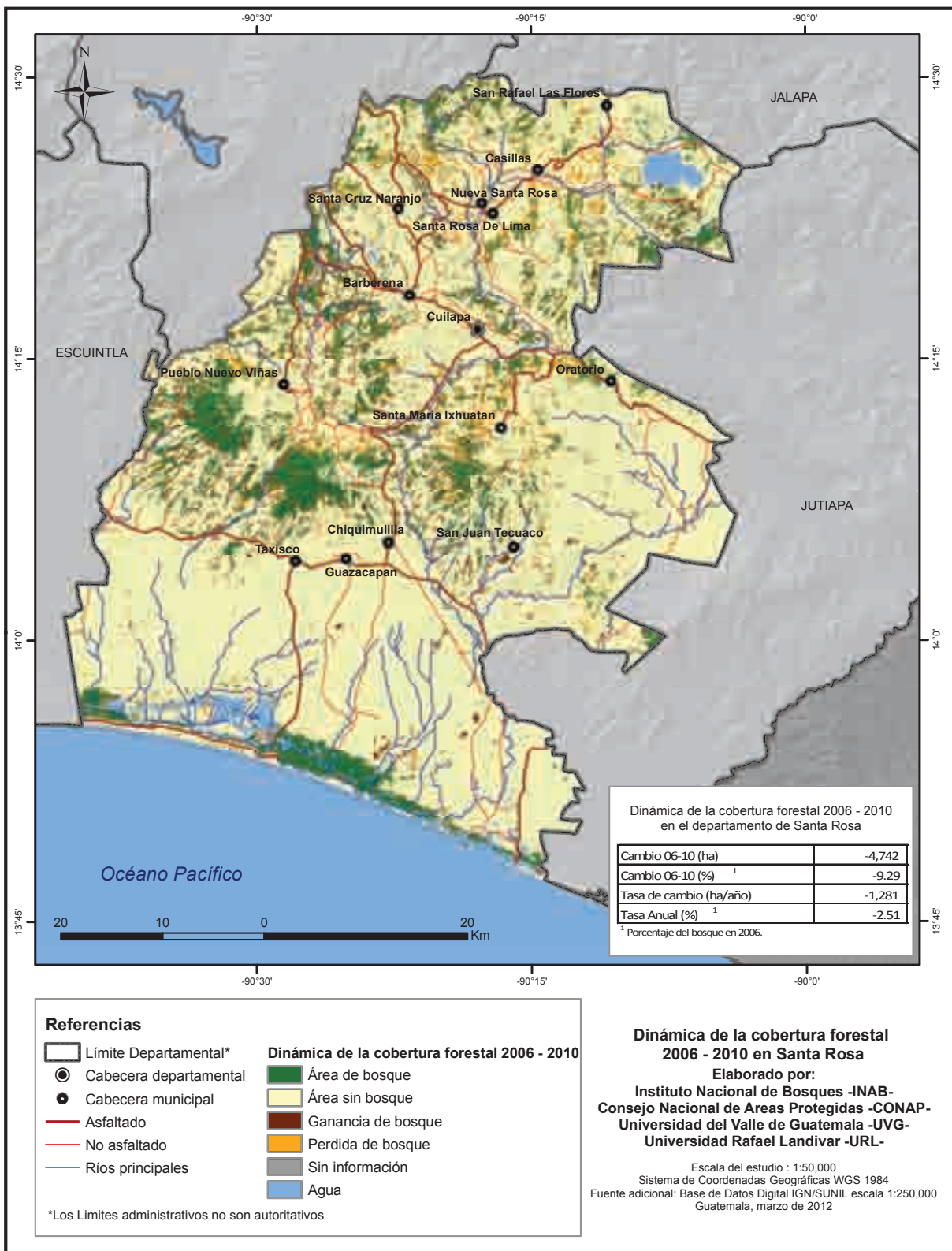
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo ganancia neta de cobertura boscosa en el segundo período (2001-2006), y el período de mayor pérdida es el tercero (2006-2010). En este departamento se muestra una tendencia hacia la pérdida de bosque, principalmente en áreas aledañas a las carreteras principales.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Santa Rosa en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 40.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Santa Rosa en los tres períodos de referencia





## Sololá

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Sololá en el período 2006 contaba con 40,840 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 40,547 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 6,003 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 5,710 ha; teniendo una pérdida neta de -293 ha de bosque.

Estas -293 hectáreas de pérdida neta en este departamento, representan una deforestación del 0.72% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Sololá es de 88 ha/año, equivalente al 0.22% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 26.**  
Cobertura forestal reportada para Sololá en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
44,777	44,360	36,112	40,840	40,547

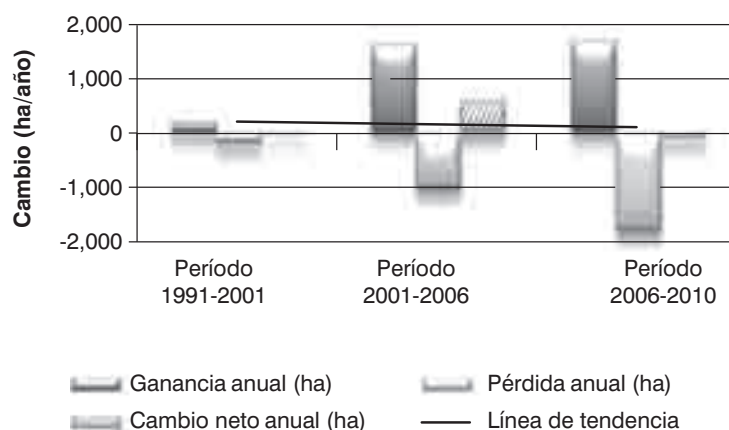
\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

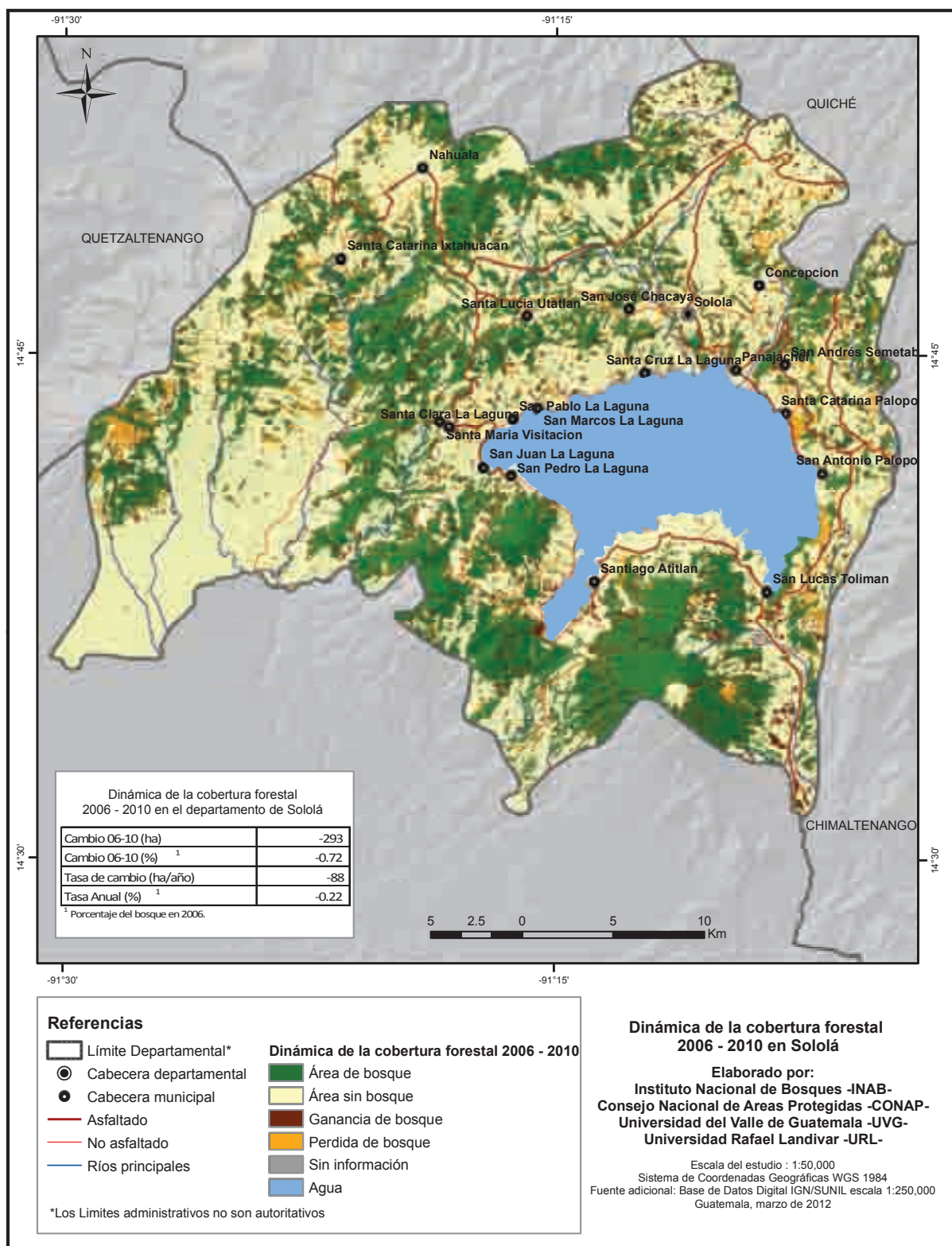
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo ganancia neta de bosques en el segundo período (2001-2006), aunque la pérdida neta de cobertura boscosa en los otros dos períodos es relativamente baja. Se observa que la tendencia es casi estable, pero levemente orientada a la pérdida de bosque. Se observa en el área de la Cuenca del lago de Atitlán la pérdida de cobertura boscosa en áreas cuyas pendientes son elevadas.

La siguiente figura muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sololá en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 41.**  
Tendencia anual de la dinámica forestal en Sololá en los tres períodos de referencia







## Suchitepéquez

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Suchitepéquez en el período 2006 contaba con 22,629 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 24,644 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 2,358 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,373 ha; teniendo una ganancia neta de 2,016 ha de bosque.

Estas 2,016 hectáreas de ganancia neta en el departamento de Suchitepéquez, representan una reforestación del 8.91% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de recuperación para este departamento es de 606 ha/año, equivalente al 2.68% del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 27.**

Cobertura forestal reportada para Suchitepéquez en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
24,678	23,262	20,524	22,629	24,644

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

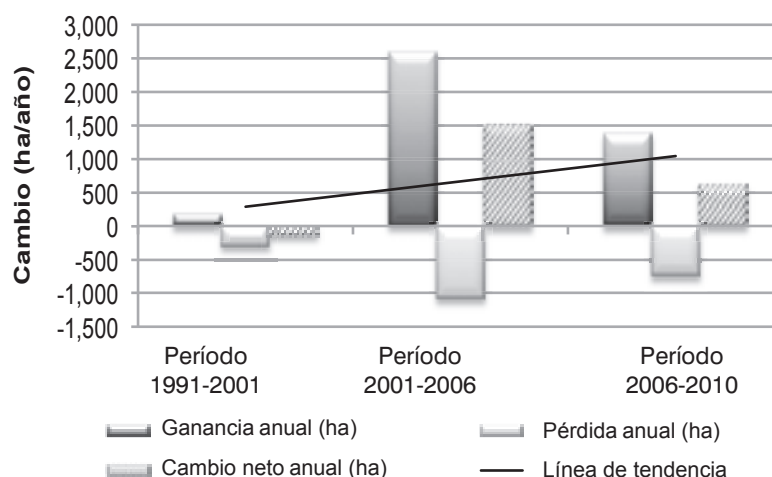
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la del estudio realizado para el período 1991-2001, se pudo establecer que la mayor ganancia neta de bosques ocurrió en el segundo período (2001-2006). En este departamento se mantiene una tendencia creciente en la ganancia del bosque, la cual se debe principalmente al establecimiento de plantaciones de hule.

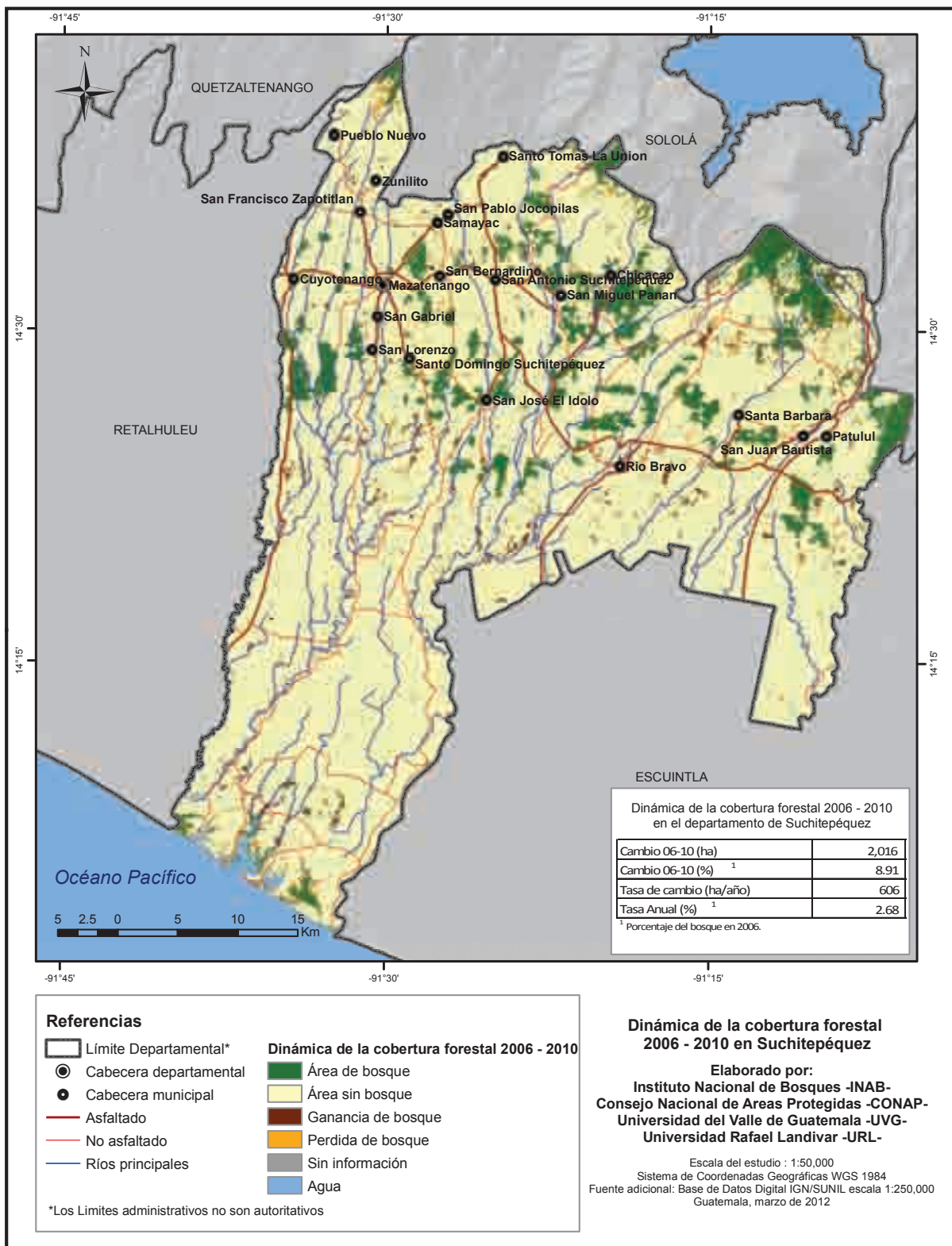
En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Suchitepéquez en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 42.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Suchitepéquez en los tres períodos de referencia







## Totonicapán

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Totonicapán en el período 2006 contaba con 39,778 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 39,721 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de -5,149 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 5,092 ha; teniendo una pérdida neta de -57 ha de bosque

Estas -57 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Totonicapán, representan una deforestación del 0.14% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para el departamento de Totonicapán es de 17 ha/año, equivalente al 0.04% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 28.**

Cobertura forestal reportada para Totonicapán en los distintos períodos de estudio (en hectáreas)

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
51,312	47,620	38,402	39,778	39,721

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

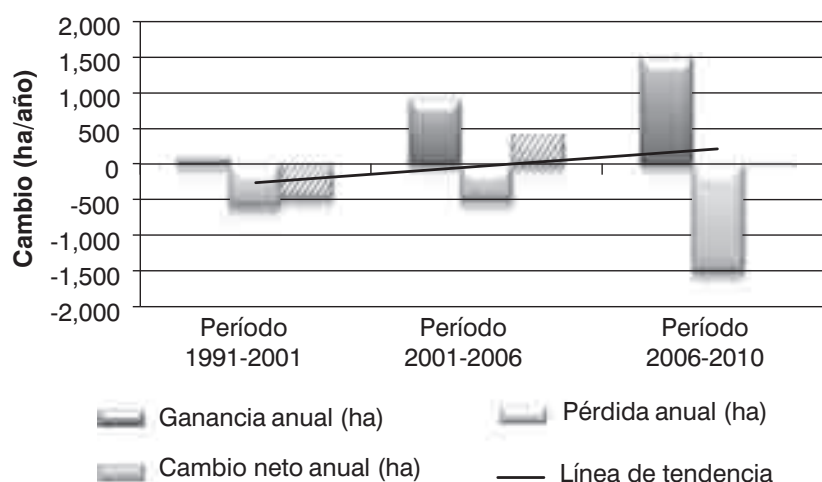
### B. Tendencia anual del proceso de pérdida de bosque

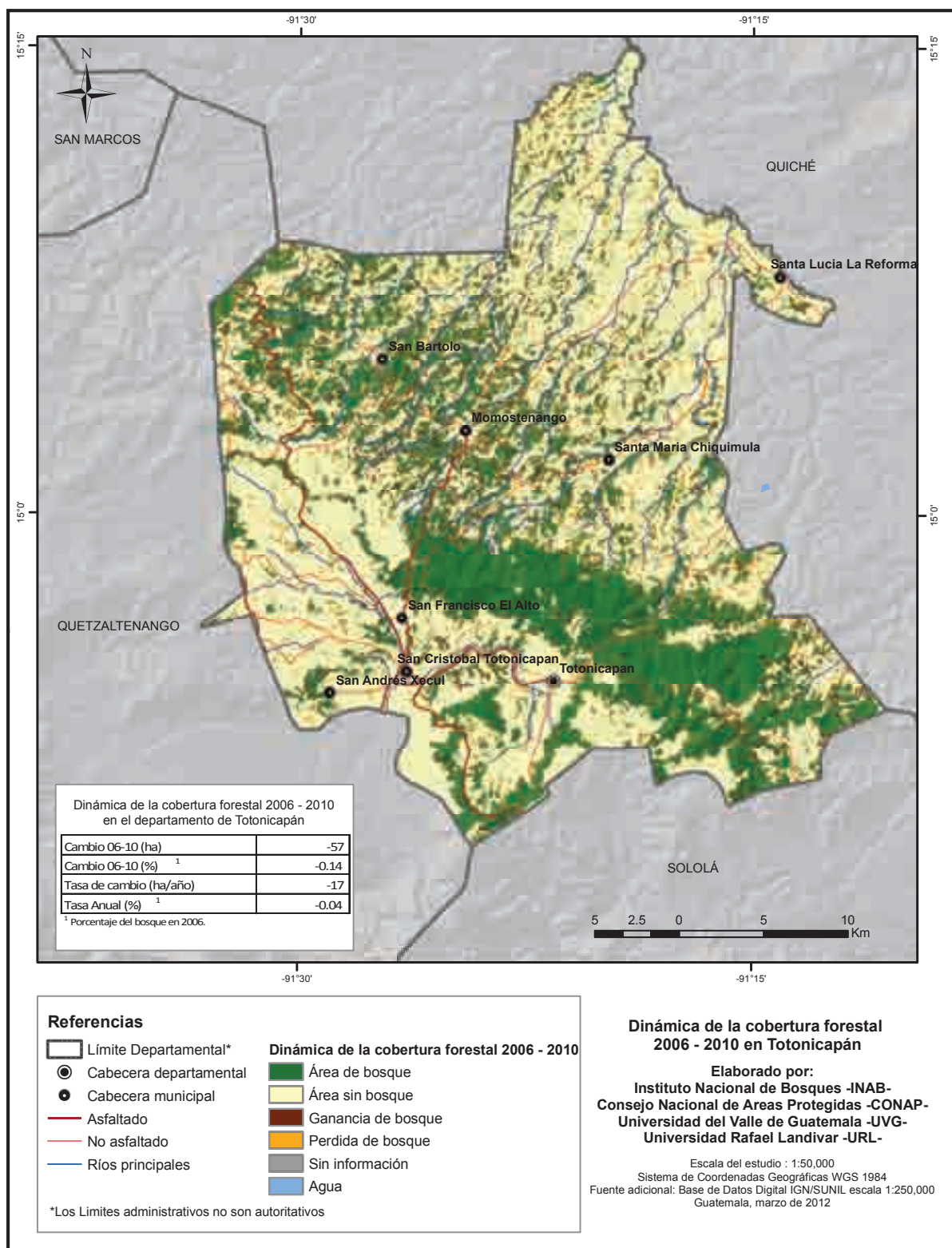
Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que solamente hubo ganancia neta de cobertura boscosa en el segundo período (2001-2006), aunque el cambio neto en cobertura forestal para el tercer período es casi nulo. Al hacer el balance, se observa una leve tendencia hacia la recuperación de la cobertura forestal, la cual se ha dado en forma muy dispersa en este departamento.

En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Totonicapán en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 43.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Totonicapán en los tres períodos de referencia





## Zacapa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Zacapa en el período 2006 contaba con 59,787 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 57,834 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 6,728 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,775 ha; teniendo una pérdida neta de -1,953 ha de bosque.

Estas -1,953 hectáreas de pérdida neta en el departamento de Zacapa, representan una deforestación del 3.27% del bosque que existía en el año 2006. La tasa de deforestación para este departamento es de 374 ha/año, equivalente al 0.63% anual del bosque existente en el año 2006.

**Cuadro 29.**

Cobertura forestal reportada para Zacapa en los distintos períodos de estudio (en hectáreas).

1991/93*	1996*	2001	2006	2010
91,799	82,566	64,570	59,787	57,834

\* La metodología de mapeo para estas dos fechas es distinta a la metodología estandarizada en el resto de fechas.

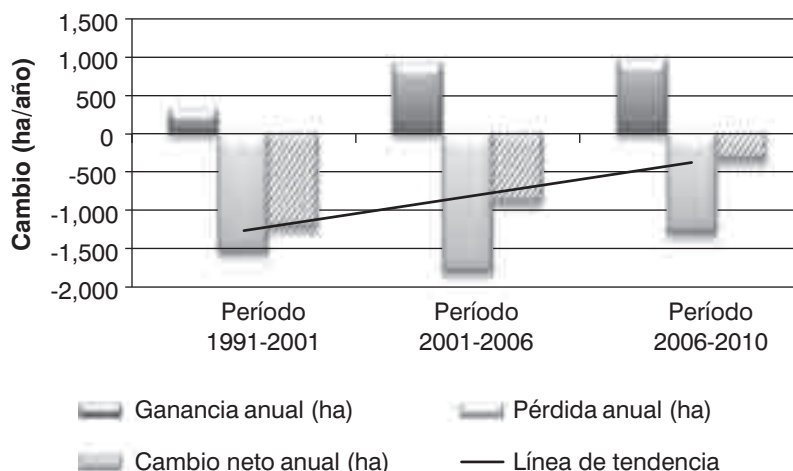
### B. Tendencia anual del proceso de ganancia y pérdida de bosque

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio, con la de los estudios realizados para los períodos 1991-2001 y 2001-2006, se pudo establecer que el proceso de mayor pérdida de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 330 ha/año al segundo período (2001-2006). El tercer período muestra la menor pérdida. En este departamento se muestra una reducción en la pérdida de bosque, pero se mantiene un cambio neto negativo entre 1991 y 2010.

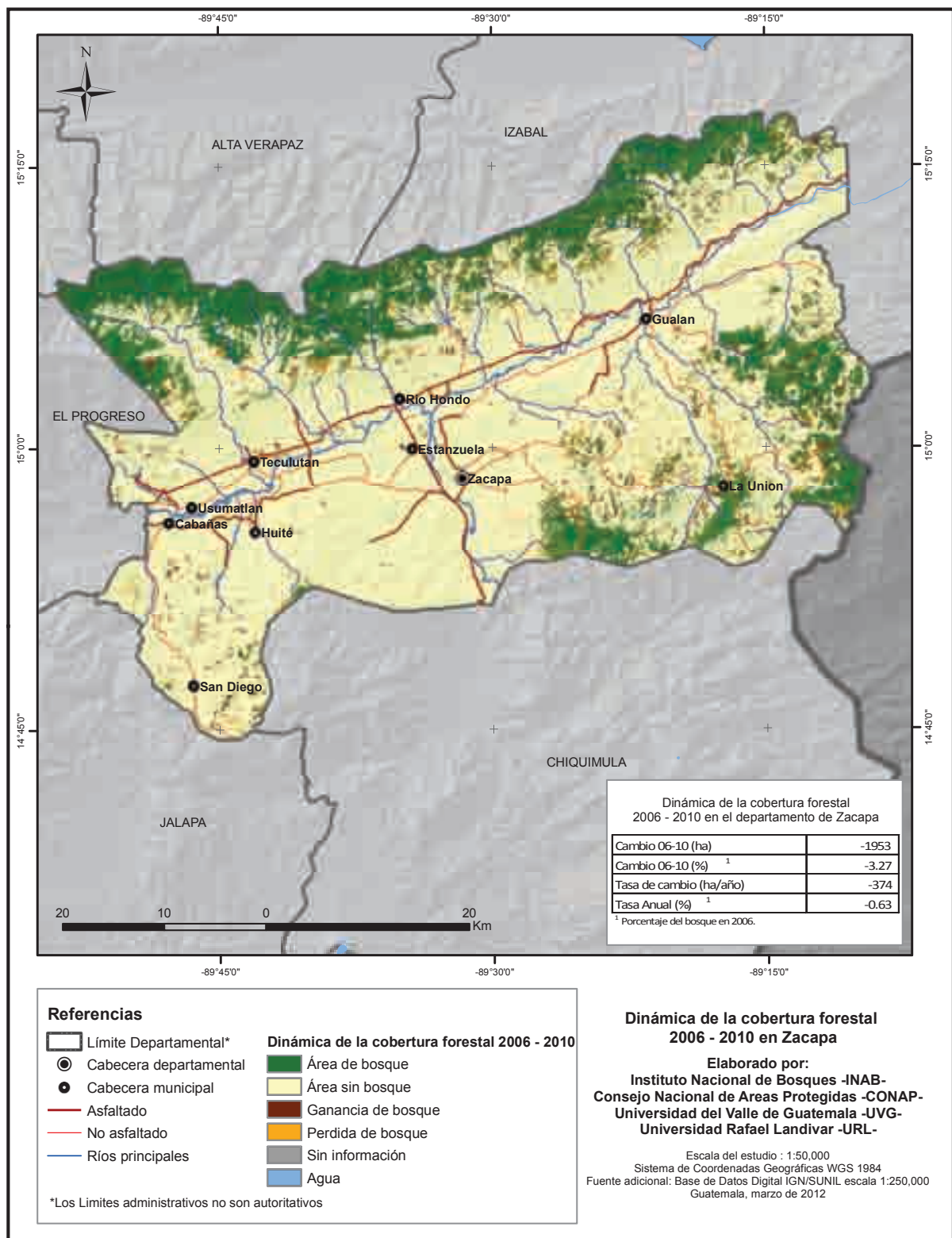
En la siguiente figura se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Zacapa en cada uno de los tres períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

**Figura 44.**

Tendencia anual de la dinámica forestal en Zacapa en los tres períodos de referencia











## 7. Análisis de error de los resultados

---

Para poder determinar cuán cercana a la realidad es la clasificación de un mapa temático (como el de cobertura y dinámica forestal) a partir de imágenes de satélite, es necesario realizar una verificación y para ello contar con datos de cobertura obtenidos mediante los procesos de clasificación con datos reales de la cobertura terrestre. Tales datos reales para verificación, pueden ser obtenidos mediante visitas de campo, o mediante capturas aéreas con sensores ópticos de alta resolución. Dado que para el presente estudio se generaron mapas de cobertura forestal correspondientes a los años 2006 y 2010, era necesario contar con datos de alta resolución para el país.

Para el año 2006 se contaba con las ortofotos que cubren la totalidad del país, con una resolución de  $0.60 \times 0.60$  m (degradadas a 1m). En el caso del año 2010, se cuenta con un set de imágenes de satélite del sensor ALOS PRISM ( $2.5 \times 2.5$ m), que cubren alrededor del 60% del territorio.

La evaluación consistió en la verificación de la clasificación de 1,030 puntos aleatorios a partir de las imágenes ALOS PRISM disponibles, traslapados sobre el mapa de cobertura 2010.

El cálculo del error de los mapas, se obtuvo al sobreponer los puntos clasificados a partir de imágenes ALOS PRISM sobre el mapa de cobertura forestal 2010.

Se incluyen también los datos de error a partir de puntos de ortofotos 2006, evaluados sobre el mapa de cobertura forestal 2006.

**Cuadro 30.**

Porcentaje de precisión para obtención del error correspondiente al mapa de cobertura forestal generado para los años 2006 y 2010

Grupo de Puntos	Año	Coincidencia (%)	Diferencia (%)
Ortofotos	2006	92	8
ALOS PRISM	2010	91	9

Los datos del cuadro anterior indican que el procedimiento de clasificación y revisión cuenta con un porcentaje de 92% de consistencia para el año 2006 y un 91% para el año 2010. Esto brinda un margen de error del 8% y 9% para cada año, respectivamente, lo cual se ubica dentro del rango aceptable en un esfuerzo de mapeo nacional (menor al 15%).

## 8. Conclusiones

---

- La cobertura forestal de la República de Guatemala para el año 2010 se estimó en 3,722,595 hectáreas, lo cual equivale aproximadamente a un 34% del territorio Nacional.
- La revisión del Mapa de Cobertura Forestal de la República de Guatemala para el año 2006 reportó 3,868,708 hectáreas de bosque. Esto corresponde aproximadamente a un 36% de la superficie del país.
- El cambio neto de cobertura forestal a lo largo del período 2006-2010 fue de -146,112 hectáreas. Esto se traduce en una pérdida anual promedio de 38,597 hectáreas. La tasa de cambio para éste período resulta en una pérdida anual que asciende al 1.00 % de la cobertura forestal existente en el año 2006.
- Este cambio neto de cobertura forestal resulta de la diferencia de 500,219 hectáreas de bosque deforestado menos 354,104 hectáreas de bosque ganado, usualmente a través de plantaciones o regeneración natural. La pérdida neta de cobertura forestal ha disminuido a lo largo de la última década, bajando la tasa de deforestación de 1.43% para el período 1991-2001, a 1.16% para el período 2001-2006 y finalmente a 1.0 % para el período 2006-2010.
- Esta disminución en la deforestación neta se debe a un aumento en la ganancia de bosque en el período en cuestión, ya que la pérdida bruta ha continuado incrementándose. Para el período 1991-2001 la pérdida bruta se estimó en 93,127 ha/año, para el período 2001-2006 en 101,869 ha/año y en el para el período del presente estudio, 2006-2010 se registró nuevamente un aumento, registrándose 132,137 ha/año.
- El departamento del Petén contaba al año 2006 con 1,927,215 ha ( 50.0 %) de la cobertura forestal nacional. Entre 2006 y 2010 reporta pérdidas anuales de 40,125 hectáreas, y una pérdida neta de 124,611. Esto representa el 85 % de la pérdida a nivel nacional para este período. La tasa de cambio anual para este departamento supera a la tasa nacional de cambio anual porque la tasa nacional incluye ganancias de bosque en otros departamentos.

- Los departamentos de Chiquimula y Jutiapa reportan las tasas de pérdida en su cobertura forestal neta más elevadas (-4.74% y -3.55% anuales, respectivamente). Para Chiquimula, esto representa una pérdida de 10,063 ha entre 2006-2010, lo que equivale a casi un 25.0% de su cobertura forestal presente al año 2006. Para Jutiapa, la pérdida asciende a 2,290 ha, que representan un 15.0% del bosque en 2006 para este departamento.
- Los departamentos con mayor ganancia de bosque en el período 2006 - 2010 son Huehuetenango y Quiché, con 19,947 y 7,027 hectáreas, respectivamente. Las ganancias pueden ser el resultado de varios procesos: regeneración natural de áreas previamente incendiadas, regeneración de áreas agrícolas abandonadas y establecimiento de plantaciones forestales. El detalle del mapa no permite distinguir qué porcentaje de la ganancia de bosque corresponde a cada uno de estos procesos.
- La ganancia de bosque por los procesos ya mencionados usualmente resulta en un bosque de menor calidad ecológica que los bosques primarios que son deforestados. Es por ello importante enfatizar que se debe reducir no solo la deforestación neta, sino también la deforestación bruta.
- Los departamentos de San Marcos, Sacatepéquez, Totonicapán y Sololá reportan cambios netos en su cobertura forestal muy cercanos a cero (en donde la pérdida de bosque es contrarrestada por la ganancia), por lo que son los departamentos con menor variabilidad en su dinámica forestal.
- El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, que representa el 32% del territorio nacional, concentra el 52.0 % (1,935,734 Ha) de la cobertura forestal del país. El 48.0 % (1,786,846 Ha) restante de la cobertura forestal se distribuye a lo largo de las otras dos terceras partes del territorio terrestre nacional.
- El 78% de la superficie de bosque en parches mayores a 50 mil ha está dentro de áreas protegidas y estos bosques comprenden el 45.8% del total de bosque remanente al 2010, por lo que los bosques dentro de áreas protegidas están menos fragmentados que fuera de ellas. Esto muestra el valor estratégico de las áreas protegidas que preservan bosques con valor ecológico mucho más alto que el de bosques fragmentados y sobre explotados fuera de áreas protegidas.
- Ante la concentración de la cobertura forestal dentro de Áreas Protegidas, la tasa de deforestación dentro de éstas es mayor con respecto a la deforestación registrada fuera de Áreas Protegidas. Sin tomar en cuenta Zonas de Amortiguamiento y Zonas de Usos Múltiples del SIGAP, de cada 4 hectáreas deforestadas en el país para el período 2006-2010, 3 corresponden a Áreas Protegidas. A pesar de esto, las Áreas Protegidas aún contienen más de la mitad de los bosques del país.
- El grado de precisión evaluado internamente por el equipo generador del mapa presentado, es cercano al 90% y los resultados de la evaluación de la precisión del mapa a cargo del equipo externo fueron del 91%. Por lo anterior, el mapa cuenta con un error del 9%.

## 9. Bibliografía

---

Alves, L., Santos, F. 2002. *Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil*. Journal of Tropical Ecology, 18. Pp 245-260.

Andersson, K.; C. Gibson y F. Lehoucq. 2006. Municipal Politics and Forest Governance: Comparative Análisis of Decentralization in Bolivia and Guatemala. World Development 34(3): 576-595.

Campbell, J.B, 1987. *Introduction to remote sensing*. New York: The Guilford Press. pp 670.

CONAP, WCS, FIPA / AID. 2003 Estimación de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Maya, período 2002-2003. Guatemala.

CONAP, WCS, FIPA / AID. 2004. Estimación de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Maya, período 2003-2004. Guatemala.

CONAP y WCS. 2005 Estimación de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Maya, período 2004-2005. Guatemala.

CONAP, WCS. 2006. Estimación de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Maya, período 2005-2006. Guatemala.

Chuvieco, E. 2000. *Fundamentos de teledetección especial*. 3a. Ed. Español. Rialp. pp 568.

Dix, M.; Fortín; O. Medinilla y L. Ríos (editores). 2003. Diagnóstico ecológico-social en la cuenca de Atitlán. Universidad del Valle de Guatemala / The Nature Conservancy, Guatemala.

ERDAS. 2008. *Field Guide*. Technical documentation. Volume Two. pp. 384.

FAO. 2010. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Informe Principal. Estudio de FAO-Montes No. 163. Roma, Italia. 384 p.

GOFC-GOLD. 2009. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. Canada.

King, D. 1996. *Allometry and Life History of Tropical Trees*. Journal of Tropical Ecology, Vol. 12, No. 1, pp. 25-44

NASA-USGS. 2010. SLC-off Products: Background. [http://landsat.usgs.gov/products\\_slcoffbackground.php](http://landsat.usgs.gov/products_slcoffbackground.php)

Poorter, L., Bongers, L., Bongers, F. 2006. *Architecture of 54 moist forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups*. Ecology: Vol. 87, No. 5, pp.1289-1301

Ramos, V., Burgués, I., Fleck, L., Castellanos, B., Albacete, C., Paiz, G., Espinosa, P., Reid, J. 2007. *Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya*. CSF, WCS, Trópico Verde/CI, WCS, CEPF.

Ramos, V. y E. Bernalles. 2001 Estimación de la Deforestación en la Reserva de Biósfera Maya, períodos 1997-2000 y 2000-2001. PROPETEN/CI, CONAP-CEMEC, FMAM. Guatemala.

Rodríguez N. 2009. *Rellenado de los gaps provocados por la falla del Scan Line Corrector en las imágenes Landsat 7 ETM+*. Trabajo de Diploma presentado como requisito para obtener el título de Licenciado en Ciencias de la Computación. Universidad de La Habana.

Ruppert, G.S.; Schardt, M.; Balzuweit, G.; Hussain, M. 1997. *A Hybrid Classifier for Remote Sensing Applications*. International Journal of Neural Systems. Vol.8, No.1, pp.63-68.

Tucker, C.; J.C. Randolph y E. Castellanos. 2007. Institutions, Biophysical Factors and History: An integrative Analysis of Private and Common Property Forest in Guatemala and Honduras. Human Ecology, 35: 259-274.

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

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



## 10. Información de cobertura forestal a nivel municipal

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
Alta Verapaz	Cahabón	23484.51	-3839.31	-14.05	-763	-2.79
	Chahal	18276.48	-1005.66	-5.22	-252	-1.31
	Chisec	45686.7	3199.5	7.53	1048	2.47
	Cobán	105790.77	3282.48	3.20	924	0.90
	Fray Bartolomé de las Casas	45297.99	-1610.73	-3.43	-575	-1.22
	Lanquín	5163.66	2031.21	64.84	397	12.66
	Panzós	20345.85	-2310.75	-10.20	-460	-2.03
	Raxruhá	19506.06	1469.88	8.15	421	2.33
	San Cristóbal Verapaz	15537.15	1751.22	12.70	342	2.48
	San Juan Chamelco	4744.08	265.05	5.92	52	1.16
	San Pedro Carchá	31844.16	883.8	2.85	173	0.56
	Santa Catarina La Tinta	7363.71	-521.19	-6.61	-104	-1.31
	Santa Cruz Verapaz	3030.39	233.91	8.36	46	1.63
	Senahú	16468.92	-3236.94	-16.43	-642	-3.26
	Tactic	2878.56	334.62	13.15	65	2.57
	Tamahú	2286.36	215.64	10.41	42	2.03
	Tucurú	5754.51	522.81	9.99	102	1.95
Baja Verapaz	Cubulco	26958.33	-3410.46	-11.23	-747	-2.46
	El Chól	2480.67	-174.51	-6.57	-52	-1.98
	Granados	3072.42	-100.08	-3.15	-30	-0.95
	Purulhá	20913.93	-27.09	-0.13	-5	-0.03
	Rabinal	10391.49	-1434.69	-12.13	-322	-2.73
	Salamá	21653.64	-722.7	-3.23	-167	-0.74
	San Jerónimo	10140.12	-263.07	-2.53	-56	-0.54
	San Miguel Chicaj	5033.52	-1202.49	-19.28	-247	-3.96
Chimaltenango	Acatenango	4447.62	12.06	0.27	4	0.08
	Chimaltenango	1867.41	-24.75	-1.31	-7	-0.39
	Comalapa	3091.14	-129.96	-4.03	-39	-1.21
	El Tejar	1122.93	17.64	1.60	5	0.48
	Parramos	647.1	-109.08	-14.43	-33	-4.34
	Patzicá	1719.9	-119.16	-6.48	-36	-1.95
	Patzún	8886.33	-378.36	-4.08	-114	-1.23
	Pochuta	5425.65	80.73	1.51	24	0.45
	San Andrés Itzapa	3161.88	-98.28	-3.01	-30	-0.91
	San José Poaquil	2552.67	-35.82	-1.38	-11	-0.42
	San Martín Jilotepeque	10758.51	-73.71	-0.68	-22	-0.20

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Santa Apolonia	1701.18	113.22	7.13	34	2.14
	Santa Cruz Balanyá	389.52	-30.06	-7.16	-9	-2.15
	Tecpán Guatemala	9838.17	498.42	5.34	150	1.60
	Yepocapa	10145.97	1102.59	12.19	331	3.67
	Zaragoza	1825.65	38.7	2.17	12	0.65
Chiquimula	Camotán	2769.03	-1176.39	-29.82	-223	-5.66
	Chiquimula	1945.8	-934.11	-32.44	-177	-6.15
	Concepción Las Minas	4222.98	-1318.95	-23.80	-250	-4.52
	Esquipulas	8850.6	-2645.01	-23.01	-502	-4.37
	Ipala	244.8	-160.11	-39.54	-30	-7.50
	Jocotán	1189.8	-1031.4	-46.43	-196	-8.81
	Olopa	3006.18	-738.81	-19.73	-140	-3.74
	Quetzaltepeque	4838.76	-1690.56	-25.89	-321	-4.91
	San Jacinto	561.33	90.36	19.19	17	3.64
	San José La Arada	1054.35	-234.36	-18.19	-44	-3.45
	San Juan La Ermita	473.31	-298.98	-38.71	-57	-7.35
El Progreso	El Jícaro	277.74	-31.23	-10.11	-6	-1.92
	Guastatoya	743.22	-414.09	-35.78	-95	-8.18
	Morazán	10081.8	-657.9	-6.13	-180	-1.67
	San Agustín Acasaguastlán	17530.56	116.82	0.67	23	0.13
	San Antonio La Paz	2125.53	-471.06	-18.14	-142	-5.45
	San Cristóbal Acasaguastlán	4404.06	-30.33	-0.68	-6	-0.13
	Sanarate	1700.28	-82.71	-4.64	-25	-1.39
	Sansare	1605.78	-623.16	-27.96	-147	-6.59
Escuintla	Escuintla	7740.36	324.09	4.37	97	1.31
	Guanagazapa	2741.22	352.8	14.77	106	4.44
	Iztapa	784.35	-104.76	-11.78	-31	-3.54
	La Democracia	339.03	272.97	413.22	82	124.22
	La Gomera	2934.9	-83.97	-2.78	-25	-0.84
	Masagua	384.93	251.82	189.18	76	56.87
	Nueva Concepción	709.38	122.85	20.95	37	6.30
	Palín	4863.42	624.06	14.72	188	4.43
	San José	384.48	-82.8	-17.72	-25	-5.33
	San Vicente Pacaya	7263.9	315.45	4.54	95	1.36
	Santa Lucía Cotzumalguapa	2484.63	-316.8	-11.31	-95	-3.40
	Siquinalá	5160.6	325.08	6.72	98	2.02
	Tiquisate	829.98	394.65	90.66	119	27.25
Guatemala	Amatitlán	2034	-1165.41	-36.43	-350	-10.95
	Chinautla	1792.08	117.63	7.02	35	2.11
	Chuarrancho	1227.33	-316.17	-20.48	-95	-6.16
	Fraijanes	3711.78	270.81	7.87	81	2.37
	Guatemala	4200.03	-547.02	-11.52	-164	-3.46
	Mixco	3161.97	58.77	1.89	18	0.57

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Palencia	5985.27	-1710.9	-22.23	-514	-6.68
	Petapa	193.32	-167.49	-46.42	-50	-13.95
	San José del Golfo	585	-212.67	-26.66	-64	-8.01
	San José Pinula	10009.35	-145.26	-1.43	-44	-0.43
	San Juan Sacatepéquez	9174.24	22.05	0.24	7	0.07
	San Pedro Ayampuc	1593.63	-561.6	-26.06	-169	-7.83
	San Pedro Sacatepéquez	1355.49	348.66	34.63	105	10.41
	San Raymundo	2164.68	-932.13	-30.10	-280	-9.05
	Santa Catarina Pinula	3576.15	398.34	12.54	120	3.77
	Villa Canales	5681.79	-402.57	-6.62	-121	-1.99
	Villa Nueva	1278.72	-308.7	-19.45	-93	-5.85
Huehuetenango	Aguacatán	4889.79	590.13	13.73	140	3.25
	Barillas	58088.34	6159.69	11.86	2070	3.99
	Chiantla	6759.27	2043.99	43.35	670	14.21
	Colotenango	1954.62	94.95	5.11	31	1.64
	Concepción Huista	4506.21	420.12	10.28	135	3.31
	Cuilco	15693.03	-172.98	-1.09	-56	-0.35
	Huehuetenango	3337.83	-363.24	-9.81	-118	-3.18
	Jacaltenango	6107.49	894.69	17.16	288	5.52
	La Democracia	2997.18	166.59	5.89	54	1.89
	La Libertad	8769.69	-9.36	-0.11	-3	-0.03
	Malacatancito	6074.28	324.81	5.65	102	1.77
	Nentón	15552.72	-1581.12	-9.23	-509	-2.97
	San Antonio Huista	1376.55	176.85	14.74	57	4.74
	San Gaspar Ixchil	619.56	-286.2	-31.60	-92	-10.17
	San Idelfonso Ixtahuacán	3992.22	-92.97	-2.28	-30	-0.73
	San Juan Atitán	2549.52	110.88	4.55	36	1.46
	San Juan Ixcoy	8680.59	2518.02	40.86	820	13.31
	San Mateo Ixtatán	35577.18	-718.65	-1.98	-231	-0.64
	San Miguel Acatán	8567.28	1284.57	17.64	413	5.68
	San Pedro Necta	4265.46	439.65	11.49	141	3.70
	San Pedro Soloma	14865.12	2574.27	20.94	800	6.51
	San Rafael La Independencia	3515.31	411.03	13.24	132	4.26
	San Rafael Petzal	829.17	-100.35	-10.80	-32	-3.47
	San Sebastián Coatán	9470.61	1270.89	15.50	409	4.99
	San Sebastián Huehuetenango	2365.47	875.16	58.72	282	18.90
	Santa Ana Huista	487.71	114.84	30.80	37	9.91
	Santa Bárbara	3124.89	-655.65	-17.34	-211	-5.58
	Santa Eulalia	13779.9	2584.62	23.09	813	7.26
	Santiago Chimaltenango	1617.84	241.92	17.58	78	5.66
	Tectitán	2912.22	77.31	2.73	25	0.88
	Todos Santos Cuchumatán	9427.95	545.49	6.14	176	1.98
	Unión Cantinil	702.9	6.3	0.90	2	0.29

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
Izabal	El Estor	76436.37	-8090.1	-9.57	-1614	-1.91
	Livingston	107993.34	-9884.7	-8.39	-1999	-1.70
	Los Amates	19079.73	-125.82	-0.66	-25	-0.13
	Morales	25264.35	-842.13	-3.23	-168	-0.64
	Puerto Barrios	33758.01	-3307.05	-8.92	-660	-1.78
Jalapa	Jalapa	9812.61	-1060.11	-9.75	-210	-1.93
	Mataquescuintla	6121.8	629.1	11.45	182	3.31
	Monjas	410.58	-120.24	-22.65	-23	-4.30
	San Carlos Alzatate	1964.07	396.81	25.32	75	4.80
	San Luis Jilotepeque	656.37	-194.85	-22.89	-37	-4.34
	San Manuel Chaparrón	95.04	28.62	43.09	5	8.18
	San Pedro Pinula	3348.81	-687.87	-17.04	-131	-3.23
Jutiapa	Agua Blanca	286.2	-117.18	-29.05	-22	-5.51
	Asunción Mita	644.04	-188.19	-22.61	-36	-4.29
	Atescatempa	468.54	-96.93	-17.14	-18	-3.25
	Comapa	116.91	-220.86	-65.39	-42	-12.41
	Conguaco	115.56	-171.27	-59.71	-32	-11.33
	El Adelanto	110.07	-51.3	-31.79	-10	-6.03
	El Progreso	52.11	-9.09	-14.85	-2	-2.82
	Jalpatagua	356.4	-220.23	-38.19	-42	-7.25
	Jerez	285.66	-43.38	-13.18	-8	-2.50
	Jutiapa	3883.32	-871.83	-18.33	-165	-3.48
	Moyuta	2789.91	-227.7	-7.55	-43	-1.43
	Pasaco	591.3	19.62	3.43	4	0.68
	Quezada	414.81	-177.57	-29.98	-34	-5.69
	San José Acatempa	1245.42	-478.53	-27.76	-93	-5.38
	Santa Catarina Mita	825.39	-220.32	-21.07	-42	-4.00
	Yupiltepeque	106.2	-45.72	-30.09	-9	-5.71
	Zapotitlán	245.16	-0.18	-0.07	0	-0.01
Petén	Dolores	67029.48	-1188.54	-1.74	-480	-0.70
	Flores	364883.22	-1531.53	-0.42	-522	-0.14
	La Libertad	226669.05	-39046.68	-14.69	-11987	-4.51
	Melchor de Mencos	168638.4	-4996.26	-2.88	-1775	-1.02
	Poptún	69177.33	-7418.61	-9.69	-2879	-3.76
	San Andrés	521617.59	-47053.53	-8.27	-15359	-2.70
	San Benito	3317.13	-564.48	-14.54	-184	-4.75
	San Francisco	17511.57	-1767.33	-9.17	-577	-2.99
	San José	180466.92	-3610.53	-1.96	-1179	-0.64
	San Luis	96601.59	-2941.11	-2.95	-1111	-1.12
	Santa Ana	20104.02	1761.48	9.60	680	3.71
	Sayaxché	66405.24	-16223.4	-19.63	-5174	-6.26
Quetzaltenango	Almolonga	422.37	13.41	3.28	4	0.99
	Cabricán	3566.79	64.26	1.83	13	0.38

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Cajolá	677.88	-15.48	-2.23	-3	-0.49
	Cantel	1992.33	-0.45	-0.02	0	-0.01
	Coatepeque	5379.3	-105.39	-1.92	-27	-0.50
	Colomba	3958.38	-298.53	-7.01	-64	-1.49
	Concepción Chiquirichapa	807.66	26.82	3.43	6	0.79
	El Palmar	4579.74	183.42	4.17	51	1.16
	Flores Costa Cuca	866.07	-54.36	-5.91	-13	-1.43
	Génova	2235.69	-37.44	-1.65	-10	-0.42
	Huitán	1173.51	45.9	4.07	9	0.84
	La Esperanza	135.45	-28.17	-17.22	-8	-5.18
	Olintepeque	712.44	-19.71	-2.69	-6	-0.81
	Palestina de los Altos	932.31	90.18	10.71	19	2.21
	Quetzaltenango	3123.27	-314.55	-9.15	-95	-2.75
	Salcajá	8.1	-6.57	-44.79	-2	-13.46
	San Carlos Sija	6626.79	36.27	0.55	9	0.13
	San Francisco La Unión	411.93	-52.92	-11.38	-16	-3.42
	San Juan Ostuncalco	4560.03	108.63	2.44	23	0.51
	San Martín Sacatepéquez	8006.58	-506.61	-5.95	-110	-1.29
	San Mateo	392.4	-80.01	-16.94	-24	-5.09
	San Miguel Sigüila	583.47	-6.75	-1.14	-2	-0.27
	Sibilia	869.31	22.32	2.64	5	0.54
	Zunil	4543.92	30.6	0.68	9	0.20
Quiché	Canillá	1724.4	-789.3	-31.40	-154	-6.13
	Chajul	28447.74	1260.36	4.64	247	0.91
	Chicamán	21576.06	126.27	0.59	25	0.11
	Chiché	2213.01	308.88	16.22	93	4.88
	Chichicastenango	9771.84	1282.05	15.10	385	4.54
	Chinique	1712.16	90.9	5.61	27	1.69
	Cunén	8330.22	556.2	7.15	109	1.40
	Ixcán	67090.05	6118.74	10.04	2821	4.63
	Joyabaj	8328.96	386.19	4.86	116	1.46
	Nebaj	38541.51	1717.38	4.66	352	0.96
	Pachalum	318.24	-82.98	-20.68	-25	-6.22
	Patzité	1629.36	106.83	7.02	32	2.11
	Sacapulas	6526.17	-1245.69	-16.03	-243	-3.13
	San Andrés Sajcabajá	2578.59	-572.58	-18.17	-116	-3.68
	San Antonio Ilotenango	2815.47	-186.39	-6.21	-56	-1.87
	San Bartolomé Jocotenango	3966.84	-662.13	-14.30	-136	-2.95
	San Juan Cotzal	6332.13	831.15	15.11	162	2.95
	San Pedro Jocopilas	8675.73	-1285.02	-12.90	-333	-3.34
	Santa Cruz del Quiché	3176.82	463.68	17.09	139	5.14
	Uspantán	28723.59	-1256.85	-4.19	-245	-0.82
	Zacualpa	12173.49	-144.63	-1.17	-41	-0.33

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
Retalhuleu	Champerico	1000.71	-45	-4.30	-11	-1.02
	El Asintal	1789.65	29.61	1.68	7	0.43
	Nuevo San Carlos	243.72	-48.69	-16.65	-11	-3.78
	Retalhuleu	7046.55	257.49	3.79	65	0.96
	San Andrés Villa Seca	2365.65	125.46	5.60	37	1.66
	San Felipe Retalhuleu	234.27	47.16	25.20	14	7.58
	San Martín Zapotitlán	1.71	0	0.00	0	0.00
	San Sebastián	96.03	-7.2	-6.97	-2	-2.10
	Santa Cruz Muluá	1152.45	370.53	47.39	111	14.15
Sacatepéquez	Alotenango	3425.85	470.52	15.92	141	4.79
	Antigua Guatemala	3461.67	-129.87	-3.62	-39	-1.09
	Ciudad Vieja	846.72	-179.28	-17.47	-54	-5.25
	Jocotenango	315	-14.67	-4.45	-4	-1.34
	Magdalena Milpas Altas	930.15	29.7	3.30	9	0.99
	Pastores	1127.34	-443.97	-28.25	-133	-8.49
	San Antonio Aguas Calientes	88.65	-78.3	-46.90	-24	-14.10
	San Bartolomé Milpas Altas	572.22	119.43	26.38	36	7.93
	San Lucas Sacatepéquez	1673.37	190.53	12.85	57	3.86
	San Miguel Dueñas	1416.06	-84.96	-5.66	-26	-1.70
	Santa Catarina Barahona	115.92	-41.58	-26.40	-12	-7.94
	Santa Lucía Milpas Altas	485.28	23.85	5.17	7	1.55
	Santa María de Jesús	2813.13	341.28	13.81	103	4.15
	Santiago Sacatepéquez	1979.01	375.48	23.42	113	7.04
	Santo Domingo Xenacoj	1191.69	206.1	20.91	62	6.29
	Sumpango	1191.33	-212.85	-15.16	-64	-4.56
San Marcos	Ayutla	8.37	-48.42	-85.26	-10	-17.51
	Catarina	257.85	16.47	6.82	4	1.61
	Comitancillo	2484.54	44.64	1.83	10	0.41
	Concepción Tutuapa	8042.76	1165.32	16.94	371	5.39
	El Quetzal	1274.4	87.48	7.37	19	1.61
	El Rodeo	172.08	52.02	43.33	14	11.32
	El Tumbador	2470.23	-409.59	-14.22	-107	-3.72
	Esquipulas Palo Gordo	3274.29	-127.62	-3.75	-33	-0.98
	Ixchiguán	1937.79	-222.21	-10.29	-58	-2.69
	La Reforma	2313.27	27.9	1.22	7	0.29
	Malacatán	2084.85	-64.44	-3.00	-13	-0.60
	Nuevo Progreso	2276.1	-577.98	-20.25	-150	-5.27
	Ocós	851.22	-54.09	-5.97	-13	-1.39
	Pajapita	1563.57	-18.9	-1.19	-5	-0.31
	Río Blanco	1056.96	25.29	2.45	5	0.51
	San Antonio Sacatepéquez	1485.72	-23.76	-1.57	-5	-0.32
	San Cristóbal Cucho	691.56	-89.64	-11.47	-18	-2.37
	San José Ojetenam	2152.26	32.76	1.55	9	0.41

Continúa.



Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	San Lorenzo	789.66	41.94	5.61	9	1.17
	San Marcos	4888.62	-100.26	-2.01	-25	-0.51
	San Miguel Ixtahuacán	4691.52	127.44	2.79	39	0.86
	San Pablo	3722.58	-142.02	-3.67	-37	-0.96
	San Pedro Sacatepéquez	3159.9	-113.22	-3.46	-24	-0.74
	San Rafael Pie de la Cuesta	430.92	-87.3	-16.85	-23	-4.40
	Sibinal	3724.47	33.3	0.90	7	0.18
	Sipacapa	3857.85	158.49	4.28	39	1.06
	Tacaná	13416.39	358.11	2.74	87	0.67
	Tajumulco	10850.67	-116.19	-1.06	-29	-0.26
	Tejutla	2183.13	-546.12	-20.01	-139	-5.10
Santa Rosa	Barberena	5473.08	417.69	8.26	126	2.48
	Casillas	3673.62	-969.75	-20.88	-223	-4.80
	Chiquimulilla	6351.21	372.15	6.22	102	1.71
	Cuilapa	2944.26	-782.82	-21.00	-229	-6.15
	Guazacapán	766.35	-77.58	-9.19	-23	-2.76
	Nueva Santa Rosa	1494.54	-851.85	-36.30	-256	-10.91
	Oratorio	1476.81	-796.59	-35.04	-152	-6.70
	Pueblo Nuevo Viñas	8278.47	-303.93	-3.54	-91	-1.06
	San Juan Tecuaco	284.4	107.91	61.14	31	17.74
	San Rafael Las Flores	611.82	-599.04	-49.47	-140	-11.57
	Santa Cruz Naranjo	513.99	-210.78	-29.08	-63	-8.74
	Santa María Ixhuatán	2392.56	-808.47	-25.26	-209	-6.52
	Santa Rosa de Lima	2881.98	-1127.52	-28.12	-339	-8.45
	Taxisco	8848.8	484.65	5.79	146	1.74
Sololá	Concepción	621	-59.85	-8.79	-18	-2.64
	Nahualá	6133.05	-567.72	-8.47	-171	-2.55
	Panajachel	289.08	4.77	1.68	1	0.50
	San Andrés Semetabaj	1825.38	-278.73	-13.25	-84	-3.98
	San Antonio Palopó	615.24	-238.23	-27.91	-72	-8.39
	San José Chacayá	714.6	-7.92	-1.10	-2	-0.33
	San Juan La Laguna	2035.98	167.49	8.96	50	2.69
	San Lucas Tolimán	3632.31	362.97	11.10	109	3.34
	San Marcos La Laguna	134.55	-28.8	-17.63	-9	-5.30
	San Pablo La Laguna	108.09	16.74	18.33	5	5.51
	San Pedro La Laguna	2854.44	108	3.93	32	1.18
	Santa Catarina Ixtahuacán	6068.61	-243.63	-3.86	-73	-1.16
	Santa Catarina Palopó	54.09	-130.32	-70.67	-39	-21.24
	Santa Clara La Laguna	556.47	46.44	9.11	14	2.74
	Santa Cruz La Laguna	163.35	50.49	44.74	15	13.45
	Santa Lucía Utatlán	2367.27	-38.88	-1.62	-12	-0.49
	Santa María Visitación	1244.61	71.64	6.11	22	1.84
	Santiago Atitlán	6523.83	401.31	6.55	121	1.97

Continúa.

Departamento	Municipio	Cobertura 2010 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (ha)	Cambio Neto contra 2006 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Sololá	4595.67	18.18	0.40	5	0.12
Suchitepéquez	Chicacao	4489.47	189.72	4.41	57	1.33
	Cuyotenango	1563.12	320.49	25.79	96	7.75
	Mazatenango	1161.45	41.58	3.71	12	1.12
	Patulul	5195.43	229.95	4.63	69	1.39
	Pueblo Nuevo	171.45	-29.25	-14.57	-9	-4.38
	Río Bravo	1325.97	315	31.16	95	9.37
	Samayac	289.44	34.47	13.52	10	4.06
	San Antonio Suchitepéquez	1151.37	48.69	4.42	15	1.33
	San Bernardino	140.22	-20.97	-13.01	-6	-3.91
	San Francisco Zapotitlán	324.27	-61.38	-15.92	-18	-4.78
	San Gabriel	78.66	9.81	14.25	3	4.28
	San José El Ídolo	1700.46	164.07	10.68	49	3.21
	San Juan Bautista	444.33	-84.33	-15.95	-25	-4.80
	San Lorenzo	1662.57	229.32	16.00	69	4.81
	San Miguel Panán	745.83	76.32	11.40	23	3.43
	San Pablo Jocopilas	23.31	5.49	30.81	2	9.26
	Santa Bárbara	3590.64	245.25	7.33	74	2.20
	Santo Domingo Suchitepéquez	1596.33	344.7	27.54	104	8.28
	Santo Tomás La Unión	0	-0.36	-100.00	0	-30.06
	Zunilito	17.37	-1.53	-8.10	0	-2.43
Totonicapán	Momostenango	12691.98	587.07	4.85	174	1.44
	San Andrés Xecul	294.12	-10.26	-3.37	-3	-1.01
	San Bartolo Aguas Calientes	2429.1	11.97	0.50	4	0.15
	San Cristóbal Totonicapán	437.94	-25.74	-5.55	-8	-1.67
	San Francisco El Alto	1393.29	-119.7	-7.91	-36	-2.38
	Santa Lucía La Reforma	612.9	-104.49	-14.57	-31	-4.37
	Santa María Chiquimula	9276.57	-523.17	-5.34	-157	-1.60
	Totonicapán	12457.98	135.81	1.10	41	0.33
Zacapa	Cabañas	329.04	186.39	130.66	35	24.79
	Estanzuela	59.04	49.77	536.89	9	101.87
	Gualán	19912.5	-518.67	-2.54	-102	-0.50
	Huité	188.37	-74.43	-28.32	-14	-5.37
	La Unión	7360.65	-612.63	-7.68	-116	-1.46
	Río Hondo	15542.73	-401.13	-2.52	-77	-0.48
	San Diego	573.57	19.53	3.53	4	0.67
	Teculután	9162	-83.79	-0.91	-16	-0.17
	Usumatlán	1233.09	78.39	6.79	15	1.29
	Zacapa	3550.32	-402.03	-10.17	-76	-1.93

**Nota.** Los datos para municipios muy pequeños o con muy baja cobertura forestal pueden presentar errores significativos debido a la escala de elaboración y detalle al que es generado el mapa nacional (Escala 1:50,000).

# 11. Anexos

## 11.1 Variables detalladas que caracterizan la dinámica de la cobertura forestal dentro y fuera de Áreas Protegidas en los periodos 2000-2006 y 2006-2010

Variable	Dentro de Áreas Protegidas	Fuera de Áreas Protegidas
Fecha promedio cerca de 2000	2,000.4	2,000.9
Bosque cerca de 2000 (ha)	2,203,062	1,950,299
Fecha promedio 2006	2,006.9	2,006.6
Bosque 2006 (ha)	2,044,465	1,824,242
Fecha promedio 2010	2,010.4	2,010.5
Bosque 2010 (ha)	1,930,397	1,792,199
Tiempo entre medición cerca de 2000-2006 (años)	6.5	5.7
Tiempo entre medición 2006-2010 (años)	3.4	3.9
Pérdida bruta cerca de 2000-2006 (ha)	-225,690	-379,561
Pérdida bruta 2006-2010 (ha)	-169,340	-330,879
Ganancia bruta cerca de 2000-2006 (ha)	54,843	264,646
Ganancia bruta 2006-2010 (ha)	55,271	298,836
Tasa anual neta cerca de 2000-2006 (ha)	-24,372	-22,145
Tasa anual neta 2006-2010 (ha)	-33,322	-8,127
Tasa anual neta cerca de 2000-2006 en%	-1.1	-1.1
Tasa anual neta 2006-2010 en%	-1.5	-0.4
Tasa anual de ganancia bruta cerca de 2000-2006 (ha)	8,428	46,492
Tasa anual de ganancia bruta 2006-2010 (ha)	16,146	75,791
Tasa anual de ganancia bruta cerca de 2000-2006 en%	0.4	2.4
Tasa anual de ganancia bruta 2006-2010 en%	0.7	3.9
Tasa anual de pérdida bruta cerca de 2000-2006 (ha)	-34,683	-66,680
Tasa anual de pérdida bruta 2006-2010 (ha)	-49,468	-83,918
Tasa anual de pérdida bruta cerca de 2000-2006 en%	-1.6	-3.4
Tasa anual de pérdida bruta 2006-2010 en%	-2.2	-4.3



Esta publicación fue impresa en los talleres gráficos de Serviprensa, S.A. en el mes de abril de 2012. La edición consta de 1,000 ejemplares en papel bond blanco 80 gramos.



Con el apoyo de:



Por encargo de:

BMZ



Ministerio Federal de  
Cooperación Económica  
y Desarrollo

