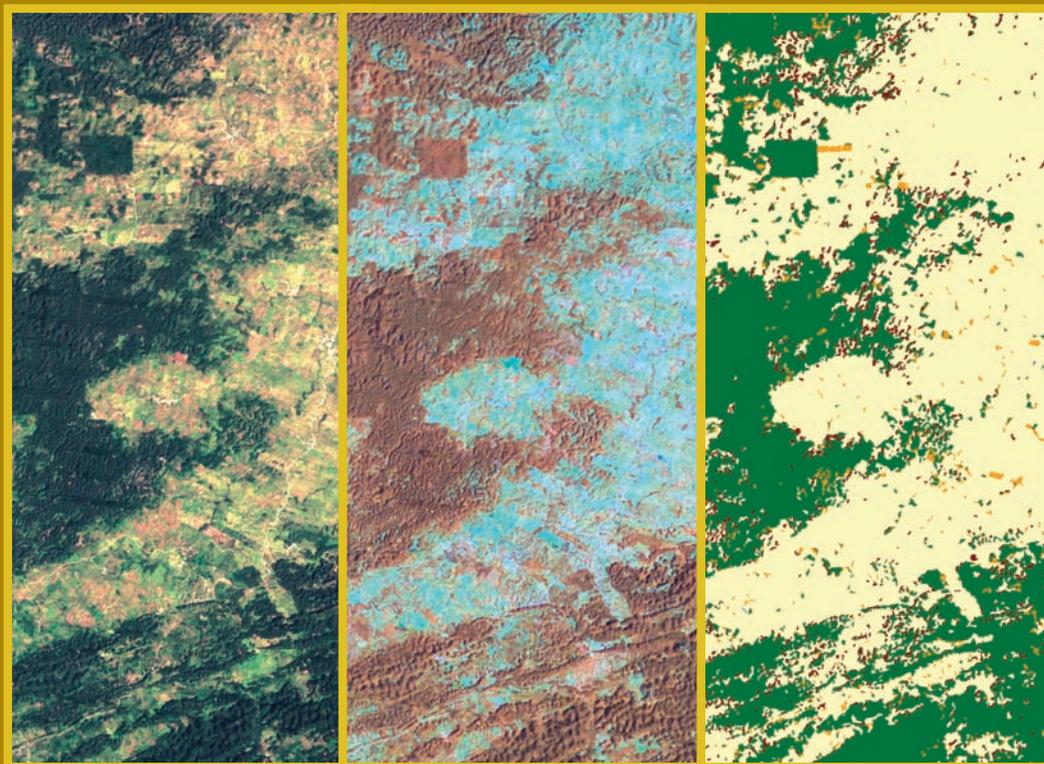


Universidad del Valle de Guatemala
Instituto Nacional de Bosques
Consejo Nacional de Áreas Protegidas
Universidad Rafael Landívar



Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006



Guatemala, 21 de marzo de 2011

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

Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006

Informe elaborado por:

Edwin Castellanos, Omar Regalado, Gerónimo Pérez,
Rolando Montenegro, Víctor Hugo Ramos y Diego Incer

Guatemala, 21 de marzo de 2011



Participaron en este proyecto:

Universidad del Valle de Guatemala (UVG)

Dr. Edwin Castellanos (Coordinador)
 Ing. Rolando Montenegro
 Ing. Omar Regalado
 Oscar González
 Walter Iván Palacios
 Jorge Roldán
 Alejandro Suárez

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Ing. Víctor Hugo Ramos
 Ing. Jorge Mario Gómez López
 Ing. Kenset Rosales

Instituto Nacional de Bosques (INAB)

Ing. Juan Pablo Noriega
 Ing. Dante Batres
 Ing. Henry Hernández
 José Zúñiga

Universidad Rafael Landívar (URL)

Ing. Gerónimo Pérez
 Ing. Alejandro Gándara
 Ing. *in fieri* Diego Incer

Verificación de la exactitud del mapa realizada por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Ing. Alejandro Bosarreyes
 Ing. José Gálvez

Fotografías de contraportada

Gerónimo E. Pérez
 Víctor Hugo Ramos y
 Edwin Castellanos

Impresión

Serviprensa, S. A.
 3^a. avenida 14-62, zona 1
 PBX: (502) 2245-8888
 ventas@serviprensa.com
 Guatemala, Centroamérica

Este libro fue impreso en el mes de abril de 2011.
 La edición consta de 1,000 ejemplares en papel bond 80 gramos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONACYT, otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, SENACYT, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYT, proyecto FODECYT 28-2009. Se agradece además el apoyo financiero otorgado por las siguientes instituciones: Wildlife Conservation Society, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Universidad de Colorado, EE.UU. y Fundación Defensores de la Naturaleza.

Índice

1. Resumen.....	7
2. Antecedentes.....	9
3. Marco teórico.....	13
4. Metodología.....	15
5. Resultados.....	29
6. Análisis de error de los resultados.....	83
7. Conclusiones y recomendaciones.....	85
8. Bibliografía.....	87
9. Información de cobertura forestal a nivel municipal.....	89

Índice de ilustraciones

Cuadro 1.	Estimación de la cobertura forestal de Guatemala por diferentes iniciativas.....	11
Cuadro 2.	Criterios de clasificación de puntos de control a partir de ortofotos.....	23
Cuadro 3.	Cobertura forestal, cambios netos y tasas de cambio a nivel departamental para el período 2001-2006.....	31
Cuadro 4.	Análisis de cobertura forestal a nivel nacional dentro y fuera de áreas protegidas.....	36
Cuadro 5.	Análisis de dinámica forestal dentro de áreas protegidas clasificadas por categoría de declaratoria.	37
Cuadro 6.	Porcentaje de coincidencia entre la clasificación de puntos de control en sensores de alta resolución y los mapas generados en este proyecto.	84
Figura 1.	Comparación entre datos colectados por sensores ASTER y LANDSAT 7.	14
Figura 2.	Procesamiento de las imágenes satelitales por institución.	16
Figura 3.	Fechas de las imágenes LANDSAT para el mapa 2001.	17
Figura 4.	Fechas de las imágenes LANDSAT y ASTER para el mapa 2006.	17
Figura 5.	Plantilla utilizada para determinar el diámetro y el de cierre de copa de una cobertura vegetal.....	19
Figura 6.	Diagrama de flujo de la metodología usada.	20
Figura 7.	Ejemplo de despliegue de un punto de control válido.	22
Figura 8.	Secuencia de pasos para el procesamiento de puntos de control para la elaboración del mapa 2006.	24
Figura 9.	Secuencia de pasos para el procesamiento de puntos de control para la elaboración del mapa 2001.	24
Figura 10.	Diagrama de flujo de la secuencia de procedimientos desarrollados para obtener una aproximación de la cobertura de café para la República de Guatemala.	26
Figura 11.	Mapa de la cobertura de café para Guatemala al año 2006.....	27
Figura 12.	Mapa de dinámica forestal a nivel nacional para los años 2001-2006.....	30
Figura 13.	Tendencia de la dinámica forestal de Guatemala durante los períodos 91-01 y 01-06.	31

Figura 14.	Pérdida de cobertura forestal a nivel municipal, período 2001-2006.	32
Figura 15.	Pérdida relativa de cobertura forestal a nivel municipal como porcentaje del área total del municipio, período 2001-2006.	33
Figura 16.	Ganancia de cobertura forestal a nivel municipal, período 2001-2006.	34
Figura 17.	Ganancia relativa de cobertura forestal a nivel municipal como porcentaje del área total del municipio, período 2001-2006.	35
Figura 18.	Tendencia de la dinámica forestal de Alta Verapaz durante los dos períodos.	38
Figura 19.	Tendencia de la dinámica forestal de Baja Verapaz durante los dos períodos.	40
Figura 20.	Tendencia de la dinámica forestal de Chimaltenango durante los dos períodos.	42
Figura 21.	Tendencia de la dinámica forestal de Chiquimula durante los dos períodos.	44
Figura 22.	Tendencia de la dinámica forestal de El Progreso durante los dos períodos.	46
Figura 23.	Tendencia de la dinámica forestal de Escuintla durante los dos períodos.	48
Figura 24.	Tendencia de la dinámica forestal de Guatemala durante los dos períodos.	50
Figura 25.	Tendencia de la dinámica forestal de Huehuetenango durante los dos períodos.	52
Figura 26.	Tendencia de la dinámica forestal de Izabal durante los dos períodos.	54
Figura 27.	Tendencia de la dinámica forestal de Jalapa durante los dos períodos.	56
Figura 28.	Tendencia de la dinámica forestal de Jutiapa durante los dos períodos.	58
Figura 29.	Tendencia de la dinámica forestal de Petén durante los dos períodos.	60
Figura 30.	Tendencia de la dinámica forestal de Quetzaltenango durante los dos períodos.	62
Figura 31.	Tendencia de la dinámica forestal de Quiché durante los dos períodos.	64
Figura 32.	Tendencia de la dinámica forestal de Retalhuleu durante los dos períodos.	66
Figura 33.	Tendencia de la dinámica forestal de Sacatepéquez durante los dos períodos.	68
Figura 34.	Tendencia de la dinámica forestal de San Marcos durante los dos períodos.	70
Figura 35.	Tendencia de la dinámica forestal de Santa Rosa durante los dos períodos.	72
Figura 36.	Tendencia de la dinámica forestal de Sololá durante los dos períodos.	74
Figura 37.	Tendencia de la dinámica forestal de Suchitepéquez durante los dos períodos.	76
Figura 38.	Tendencia de la dinámica forestal de Totonicapán durante los dos períodos.	78
Figura 39.	Tendencia de la dinámica forestal de Zacapa durante los dos períodos.	80

1. RESUMEN

Este documento describe la elaboración y los resultados del nuevo mapa de cobertura forestal para Guatemala para el año 2006. Este mapa es una actualización del esfuerzo previo que se realizó para los años 1991, 1996 y 2001 por el mismo equipo técnico de trabajo.

El nuevo mapa 2006 se elaboró con una metodología sustancialmente mejor que la utilizada en el proyecto previo. Básicamente se buscó aprovechar al máximo la disponibilidad de fotografías aéreas de alta resolución para todo el territorio nacional para obtener muestras de entrenamiento y verificación que permitieron desarrollar un proceso de clasificación supervisada más automatizado que el proceso usado anteriormente. Adicionalmente, se utilizaron imágenes satelitales corregidas geométricamente desde la fuente, lo que aseguró una mayor coincidencia con los mapas y ortofotos disponibles para el país.

Los cambios en la metodología forzaron a repetir la clasificación de las imágenes 2001 para tener el año de referencia con la misma metodología. El proyecto entonces resultó en un mapa actualizado de cobertura forestal 2006, en un mapa revisado de cobertura forestal 2001 y en un análisis de dinámica forestal para el período 2001-2006.

La cobertura forestal para el año 2006 para Guatemala fue estimada en 3,866,383 ha, equivalente a un 35.5% del territorio nacional. El valor revisado para el 2001 es de 4,152,051 ha correspondiente a un 38.1% del territorio nacional. Estos valores representan una pérdida neta anual de 48,084 ha equivalente a una tasa de deforestación de 1.16%. La pérdida neta anual reportada es la diferencia de una pérdida bruta de 101,852 ha/año y una ganancia de 53,768 ha/año.

La mayoría de la deforestación está ocurriendo en Petén, particularmente en los municipios de Sayaxché, La Libertad y San Andrés. También se reporta una deforestación significativa en Izabal, especialmente en la región de Punta de Manabique. Mucha de esta deforestación está ocurriendo dentro de áreas protegidas, particularmente en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Maya y en algunas de las áreas núcleo de dicha reserva.

Varios departamentos muestran una ganancia neta en el cambio de cobertura forestal para el período de estudio. Resaltan especialmente Huehuetenango y Alta Verapaz donde la regeneración y reforestación contrarrestan la deforestación observada para tener un cambio neto positivo. Suchitupé que también muestra una reforestación alta, particularmente por las nuevas plantaciones de hule.

2. ANTECEDENTES

Al haberse publicado el Mapa de Dinámica de Cobertura Forestal de Guatemala para los años 1991/93-2001 se estableció la base metodológica e institucional para continuar los esfuerzos de mapeo forestal en el país. Sin embargo, al iniciar el proceso de actualización de dicho mapa para el año 2006, el equipo técnico involucrado se planteó la necesidad de revisar y actualizar la metodología implementada en el mapa original debido a la existencia de nuevas herramientas y fuentes de información. Específicamente, para el año 2006 se cuenta con la cobertura de fotografía aérea de alta resolución ortorectificada para todo el territorio nacional. Esta es una fuente invaluable de información que puede ayudar grandemente en la generación de puntos de control para clasificar las imágenes satelitales utilizadas en el proceso de mapeo forestal. Por otro lado, la disponibilidad 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– que ayuda al empalme de imágenes en un análisis multi-temporal.

Debido a la disponibilidad de estas nuevas fuentes de información y de herramientas de proceso más avanzadas, el equipo técnico que trabajó la actualización del mapa forestal al año 2006 decidió iniciar un proceso de diseño y prueba de una metodología basada en la metodología usada en el mapa 91-01 pero mejorada en cuanto al procesamiento y análisis de imágenes satelitales. El objetivo fue lograr una metodología más reproducible que pueda ser implementada en futuras iniciativas de mapeo a nivel nacional y que pueda ser reconocida como una metodología válida para iniciativas globales como es el caso de los inventarios de gases de efecto invernadero requeridos por la Convención Marco de Cambio Climático y los inventarios de línea base para desarrollar proyectos de fijación de carbono en bosques y de deforestación evitada.

Existen distintos factores que han obstaculizado en el pasado un rápido avance en el diseño e implementación de metodologías a utilizar en la generación de un mapa temático de escala nacional. Muchas de estas limitantes son típicas de procesos de mapeo usando sensores remotos y entre estos factores podemos mencionar:

- Limitada disponibilidad de imágenes para las mismas fechas que cubran todo el territorio nacional;
- Calidad variable de las imágenes disponibles para las mismas fechas a nivel nacional;

- Disponibilidad de recursos tecnológicos, por ejemplo hardware y software, limitados;
- Capacidad técnica disponible para realizar análisis geográficos limitada a unas pocas instituciones a nivel nacional;
- Recursos financieros limitados para cubrir todos los puntos anteriores.

Este último punto ha sido especialmente crítico en esta iniciativa de mapeo; a pesar de que para generar un mapa de este tipo se requiere de fondos relativamente modestos en comparación a otro tipo de proyectos de escala nacional, ha sido imposible lograr una sola fuente financiera que cubra todos los costos. En los esfuerzos de mapeo a la fecha se han tenido varias fuentes financieras con fondos relativamente bajos que resultan en altas inversiones de tiempo en los manejos administrativos y en la elaboración de informes. También se tiene la limitante que los especialistas en las instituciones participantes no pueden tener dedicación a tiempo completo para estas iniciativas.

Por todo lo expuesto, el diseño de una metodología no sólo debe ser cuidadosamente discutido, sino evaluado y probado. Todo esto conlleva una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo del equipo técnico participante.

Este ha sido el proceso que ha llevado el Proyecto de “Estimación de la Cobertura Forestal de la República de Guatemala y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006”.

Este proyecto representa el quinto esfuerzo a nivel nacional por desarrollar un mapa de cobertura forestal basado en la interpretación de imágenes de satélite. A manera de referencia, se describen aquí los esfuerzos previos. El primer esfuerzo en este sentido se dio en el año de 1988 a iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por 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 capa reportada por INAB.

En el año 2000 la Universidad del Valle de Guatemala UVG, inició 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 de mapeo forestal a nivel nacional.

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.

Posteriormente, a partir del año 2006, se iniciaron negociaciones para dar inicio al quinto proyecto de este tipo, el cual se presenta en el presente documento. Dichas negociaciones, por aspectos principalmente administrativos, demorarían el proceso por al menos tres años. Adicionalmente, los limitados recursos financieros obtenidos hicieron que el proyecto se prolongase hasta el año 2011.

Todos los esfuerzos anteriormente citados utilizaron imágenes de satélite correspondientes a la familia de sensores LANDSAT. Los últimos tres 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, incluyendo el presente, en lo que se refiere al porcentaje de Cobertura Forestal para el territorio Nacional

Cuadro 1. Estimación de la cobertura forestal de Guatemala por diferentes iniciativas.

PROYECTO	AÑO DE ESTUDIO	COBERTURA FORESTAL (% del Territorio Nacional)
FAO-PAFG	1988	53%
INAB	1999	35% (23% más en asociaciones)
MAGA	1999	40%
UVG, INAB, CONAP, MAGA, PAFG	2001	40%
UVG, INAB, CONAP	2001 (Dinámica 1991-1996-2001)	42%
Este estudio	2001	38%
Este estudio	2006	36%

2.1 Objetivos del presente estudio.

El objetivo general de este proyecto fue el de actualizar el mapa de cobertura forestal nacional al año 2006. Los objetivos específicos incluyeron calcular tasas de cambios de cobertura, tanto a nivel nacional como departamental y municipal, comparando el mapa 2006 contra un mapa 2001 generado con la misma metodología. La nueva metodología usada para generar el mapa 2006 hizo necesario realizar un nuevo mapa 2001.

3. MARCO TEÓRICO

Para lograr la descripción de la cobertura forestal a escala nacional, el uso de información obtenida por sensores remotos, ya sea imágenes satelitales o fotografías aéreas, representa la fuente de datos más adecuada. Además de la cobertura geográfica existente, los sensores remotos presentan datos históricos que permiten hacer comparaciones para distintas fechas.

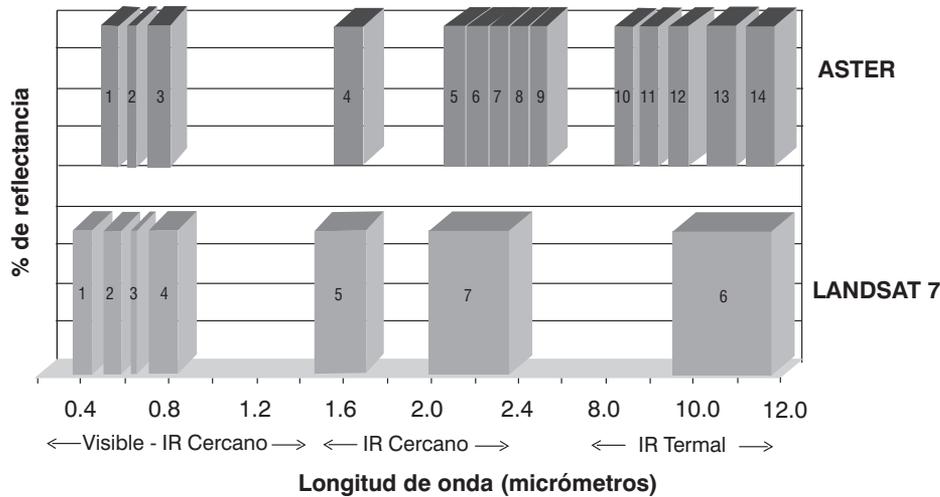
Entre los satélites existentes para observar la superficie de la Tierra, destacan los de la familia LANDSAT, lanzados por la Agencia Espacial Estadounidense, NASA. Estos satélites han estado observando el planeta desde el inicio de la década de los años 70, primero con el sensor MSS (Multi Spectral Scanner) 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 ya estaban fuera de operación) (Irish, 2008).

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, 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 kms.

Pese a que existen soluciones para reducir las limitantes en los datos “dañados” que resultan de las fallas mecánicas del sensor a bordo del satélite LANDSAT 7, es de gran utilidad complementar estos datos con información de sensores adicionales especialmente en regiones donde, por razones técnicas o de nubosidad, no existen datos LANDSAT adecuados. Entre los sensores de utilidad para compensar ausencia de datos LANDSAT encontramos el sensor ASTER (ver Figura 1).

El Radiómetro Avanzado de Reflectancia Espacial y Emisión Térmica (ASTER, por sus siglas en inglés) es un sensor multiespectral que fue lanzado en órbita a bordo del satélite de la NASA Terra en diciembre de 1999. ASTER cubre una amplia región del espectro, con 14 bandas, desde el rango visible hasta el infrarrojo termal con una alta resolución espacial, espectral y radiométrica. Una banda infrarroja cercana orientada en la parte posterior del sensor brinda cobertura de datos a nivel estereoscópico. La resolución espacial varía según la longitud de onda: 15 m por píxel en el rango visible e infrarrojo cercano (VNIR), 30 m en el rango infrarrojo de onda corta (SWIR), y 90 m en el rango infrarrojo termal (TIR). Cada imagen ASTER cubre un área de 60 x 60 kms (Abrams *et al.*, 1999).

Figura 1. Comparación entre datos colectados por sensores ASTER y LANDSAT 7.



Adaptado de Abrams *et al.*, 1999.

Antes de poder ser utilizadas en procesos de mapeo, las imágenes satelitales deben tener dos pasos importantes de pre-procesamiento: las correcciones geométricas y las radiométricas. El primer tipo de correcciones hacen 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).

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 imágenes para detectar cambios es aún más complicado. El mayor problema estriba en separar las variaciones reales de reflectancia causadas por cambios de uso de la tierra, de las variaciones naturales y artificiales de reflectancia en un mismo uso de la tierra causadas por efectos fenológicos, atmosféricos o de sensor. Lo importante aquí es asegurarse que ambas imágenes a comparar hayan sido corregidas radiométricamente de tal manera que los usos de la tierra que no han variado en los años en cuestión se vean en efecto similares en ambas imágenes (UVG *et al.*, 2006).

4. METODOLOGÍA

4.1 Descripción general del proceso.

La elaboración del mapa nacional de cobertura forestal toma como base las imágenes satelitales obtenidas por los satélites LANDSAT 5 y 7, así como ASTER (únicamente para la sección del Sur-Occidente del país, en el área correspondiente a la imagen Path 21 Row 50 de la serie LANDSAT).

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

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 2006. Estos puntos se dividieron en tres grupos de igual número de puntos. El primer grupo se utilizó como muestras de entrenamiento para definir firmas espectrales y correr una clasificación supervisada utilizando el paquete de software ERDAS. El segundo grupo se utilizó para revisar la clasificación mediante pruebas de contingencia utilizando el paquete de software ArcGIS. El tercer grupo de puntos fue entregado a una institución independiente a la elaboración del mapa para evaluar la exactitud de la clasificación final comparando la clasificación contra las ortofotos 2006.

Los tres grupos de muestras de entrenamiento ya clasificados sobre las ortofotos 2006 fueron luego sobrepuestos en las imágenes 2001 para obtener firmas espectrales para ese año. Los puntos que cayeron sobre áreas donde el uso de la tierra cambió del 2001 al 2006 fueron detectados haciendo un análisis estadístico de la variabilidad de la firma espectral para las bandas 4, 5 y 7. Se asumió que las firmas espectrales del 2001 que variaran en más de 1.5 desviaciones estándar de las medias correspondientes a las firmas del 2006 representaban puntos donde había ocurrido un cambio de uso de la tierra. Dichos puntos fueron descartados como muestras de entrenamiento para el 2001 eliminándose así aproximadamente un 25% de los puntos originales. Esto resultó en tres grupos de muestras de entrenamiento de unos 7,500 puntos cada uno que fueron usados en forma similar para clasificar, editar y comprobar exactitud para el mapa 2001. La exactitud fue medida con el tercer grupo de puntos clasificados contra imágenes 2001 del satélite indio IRS que tiene una resolución de 5 x 5 m en la banda pancromática.

4.2 Fuentes de información empleadas y distribución espacial y temporal de imágenes usadas.

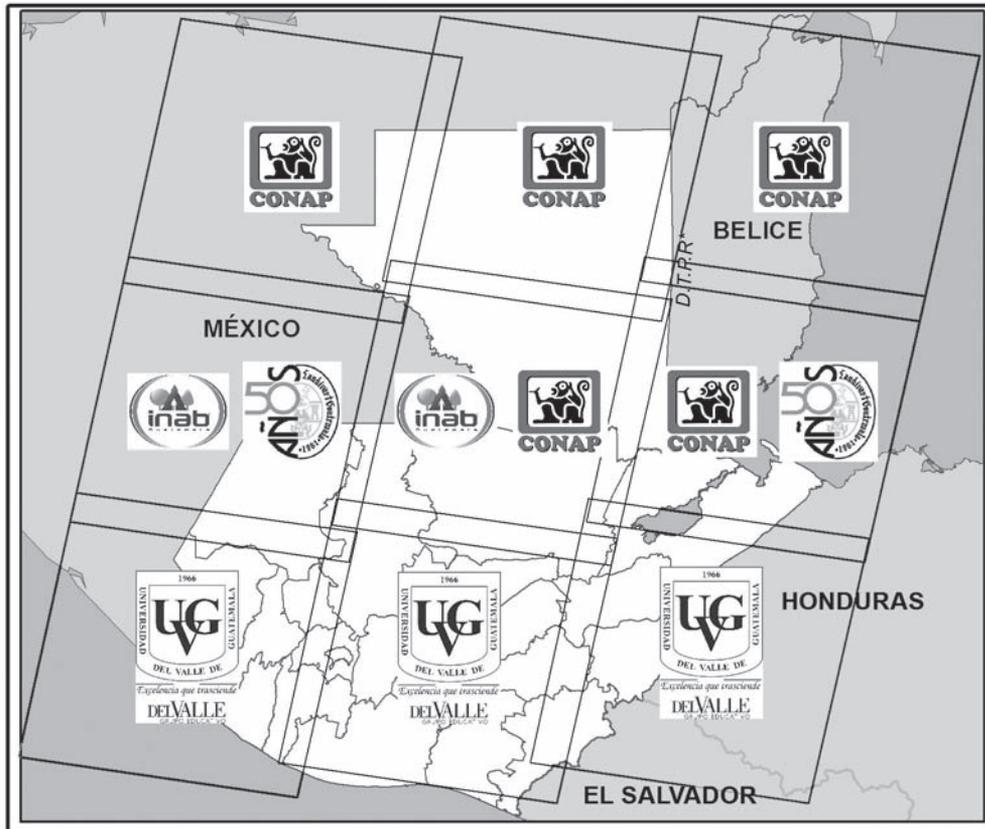
El presente proyecto contó con las siguientes fuentes de información geográfica:

- Ortofotos 2006 (clasificación y comprobación de exactitud)

- Imágenes LANDSAT 5 y 7 para los años 2001 y 2006 (base del mapa)
- Imágenes ASTER para el año 2006 (base del mapa)
- Imágenes IRS para los años 2000 y 2001 (comprobación de exactitud)

La Figura 2 muestra la manera en la que se distribuyeron las imágenes satelitales para ser procesadas y trabajadas entre las instituciones participantes.

Figura 2. Procesamiento de las imágenes satelitales por institución.



* 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 radiométricas. Las Figuras 3 y 4 muestran la distribución temporal de las imágenes utilizadas.

Figura 3. Fechas de las imágenes LANDSAT para el mapa 2001.



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

Figura 4. Fechas de las imágenes LANDSAT y ASTER para el mapa 2006.



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

4.3 Definiciones adoptadas para el proceso de mapeo.

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. 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 0.54 hectáreas (6 píxeles) con un ancho mínimo de 60 metros (2 píxeles).

Adicionalmente, se tomaron en consideración las definiciones legales de bosque usadas en Guatemala. Se incluyeron así en el mapa final las plantaciones de hule como plantaciones forestales pero no se incluyeron como bosque las plantaciones de café o las de palma africana por no ser consideradas plantaciones forestales.

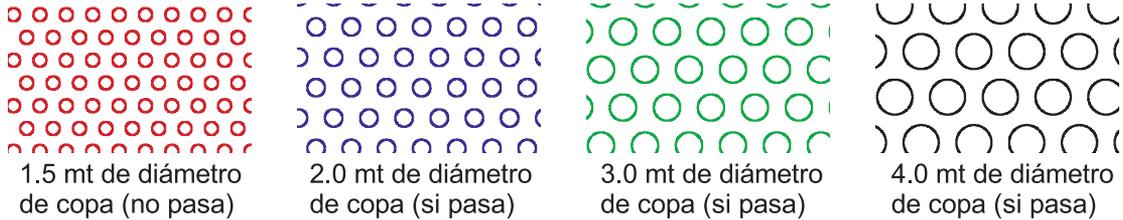
4.3.1 Relación entre diámetro de copa y altura mínima

Para aplicar las definiciones mencionadas 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 este proyecto dichas visitas fueron sustituidas por el análisis de fotografía aérea de alta resolución. Se logró con esta práctica un número muy alto de puntos de entrenamiento y control para clasificar las imágenes satelitales que de otra forma habría sido imposible lograr.

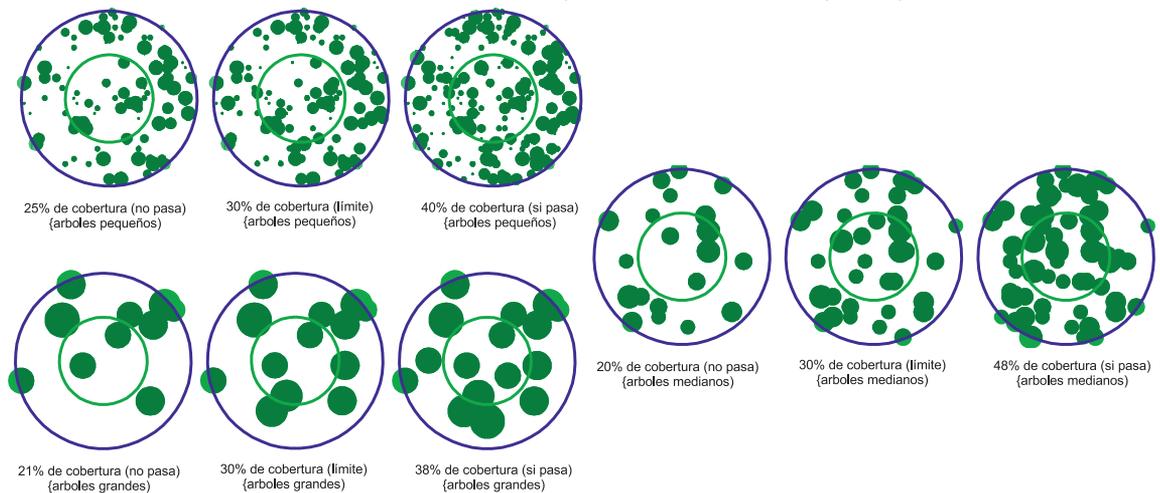
Fue necesario entonces resolver el problema de hacer las mediciones de altura y cierre de copa en las fotografías aéreas. La segunda variable no presentó problema ya que las fotografías de alta resolución muestran con buena claridad las copas de árboles individuales. El proceso de medición puede ser tardado pero es posible, y fue facilitado mediante el uso de una plantilla estándar que muestra diferentes niveles de cierre de copa (Figura 5). La medición de altura de vegetación no es posible hacerla directamente con fotografía aérea y solo es posible medirla con sensores de tipo radar. Se decidió usar el diámetro de copa como una medida indirecta de la altura de la vegetación. Varios estudios presentados en la literatura científica (Alves, 2002; King, 1996; Poorter *et al.*, 2006) muestran que hay una relación entre la altura de una planta y el diámetro de su copa. Este tipo de relaciones alométricas indica que una planta con una copa de 2 metros de diámetro tendrá más de 5 metros de altura. Esta aproximación puede ser usada con las fotografías aéreas para confirmar la altura de la vegetación.

Figura 5. Plantilla utilizada para determinar el diámetro y el de cierre de copa de una cobertura vegetal.

**PRUEBA DE ALTURA MINIMA CON ESTIMACION INDIRECTA POR DIAMETRO DE COPA
ESCALA DE VISUALIZACION EN PANTALLA = 1:500**

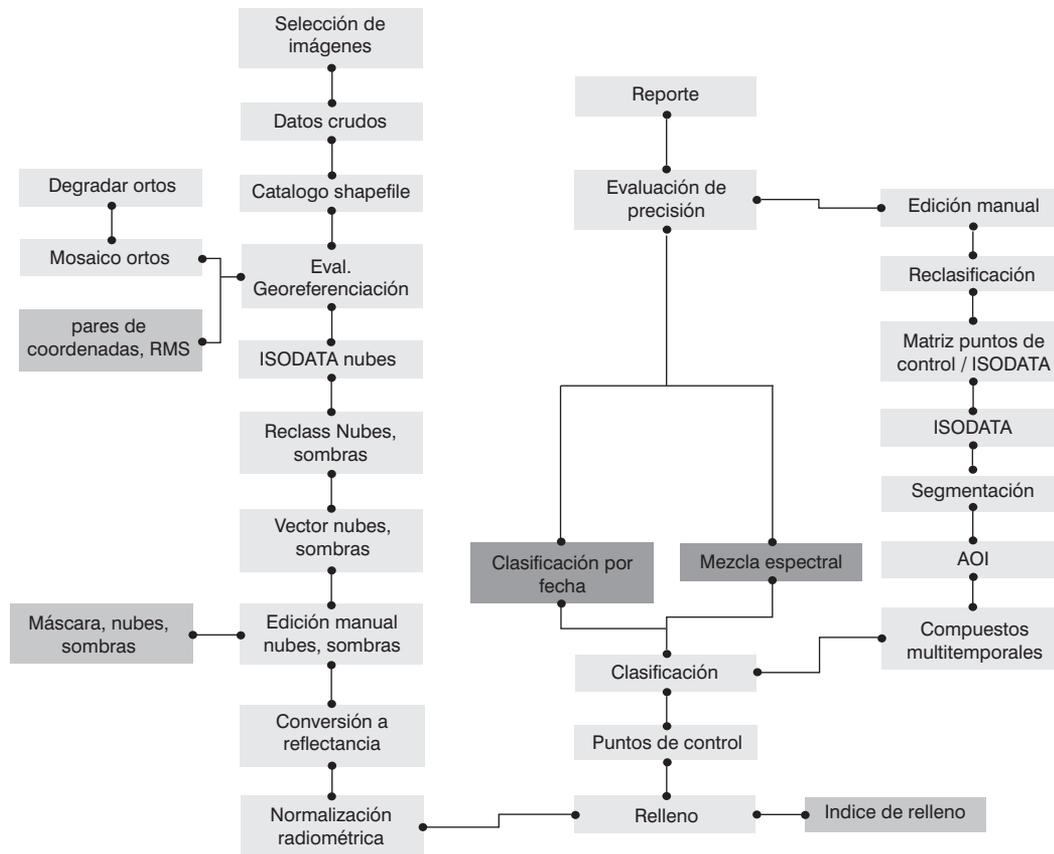


**PRUEBA DE COBERTURA PARA UMBRALIZACION DE BOSQUES EN BASE A LA DEFINICION USADA (>30%)
ESCALA DE VISUALIZACION EN PANTALLA = 1:3000 (mostrando buffers de 30 y 60 mt)**



4.4 Diagrama de flujo de los pasos para procesar las imágenes.

La Figura 6 presenta la secuencia de pasos que se completaron para lograr el mapa de cobertura forestal. Ese diagrama no muestra el detalle de cómo se obtuvieron los puntos de control de las ortofotos; ese proceso se describe en detalle en el manual respectivo (Ramos, 2010). El uso de ortofotos para coleccionar puntos de control permite 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 lo inaccesible del sitio. Con puntos de control obtenidos mediante visitas de campo, los lugares muy remotos e inaccesibles son usualmente submuestreados de forma significativa.

Figura 6. Diagrama de flujo de la metodología usada.


4.4.1 Selección de imágenes

Las imágenes se seleccionaron de acuerdo a las siguientes características:

- Datos colectados durante la estación seca (enero a abril) de los años de interés.
- Estándares internacionales de mapeo requieren que las fechas de las imágenes se ubiquen en ± 1 año de la fecha central seleccionada (GOF-C-GOLD, 2009).
- Ausencia de nubes y otros artefactos atmosféricos como humo y bruma.

Se seleccionaron imágenes adicionales con los mismos criterios para ser usadas en el proceso de relleno de imágenes con problemas de falta de datos (por nubes o por problemas del sensor en el satélite).

4.4.2 Precisión geométrica y reproyección

Se determinó un valor de precisión geométrica de las imágenes adquiridas ya corregidas geométricamente. Para este proceso se reproyectaron todas las imágenes a la proyección GTM. Ya en esta proyección, se hizo la evaluación de precisión geométrica usando el valor de la raíz de la media cuadrada, RMS, generándose entre 40 y 60 puntos de control por imagen. Estos puntos de control fueron obtenidos de puntos fáciles de interpretar tanto en las imágenes satelitales como en las fotografías aéreas. Se obtuvieron las coordenadas de ambas fuentes y se compararon las variaciones y diferencias entre ambos valores, de imá-

genes y de fotografías aéreas. Se obtuvo el valor de RMS que evalúa la cercanía entre los datos de los dos grupos. Este valor fue siempre menor a un pixel de la imagen LANDSAT (30 metros) por lo que se concluyó que las imágenes si corresponden adecuadamente a las fotografías aéreas ortorectificadas.

4.4.3 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 y mediciones consistentes de la superficie terrestre a través del tiempo. El proceso de calibración de datos radiométricos para las imágenes de satélite utilizadas es el de conversión de números digitales a datos de reflectancia exoatmosférica (es decir, reflectancia arriba de la atmósfera o sin efectos de la misma).

El proceso de conversión a reflectancia permite una reducción en la variabilidad de escena a escena. El uso de datos de reflectancia brinda ciertas ventajas técnicas: primero, el proceso remueve el efecto 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 compensan diferencias de valores de irradiancia solar causadas por diferencias espectrales entre bandas; y, tercero, los datos de reflectancia 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. La conversión a reflectancia se realiza mediante un comando automatizado en el software de procesamiento de Imágenes.

Una vez realizado el proceso de calibrar los datos a valores de reflectancia, se procedió 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, pueden presentar información digital diferente que debe 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 valores de reflectancia para seguidamente hacer regresiones lineales y lograr la homologación digital.

El proceso necesita definir un año base al cual se ajustarán los valores de reflectancia de otros años mediante las regresiones lineales. Se decidió usar como base el año 2001 ya que son imágenes sin problema de vacíos de información.

Todo el proceso fue realizado mediante herramientas digitales creadas específicamente para estos propósitos por el Ingeniero Victor Hugo Ramos (2010b). Dichas herramientas tienen como plataforma el programa de cálculo Microsoft Excel y el paquete de Software ArcGIS.

4.4.4. Procedimiento de reparación de datos LANDSAT (GAP FILL)

En el año 2003, el sensor LANDSAT 7 reportó fallas en su funcionamiento. Pese a subsecuentes esfuerzos por parte de la agencia espacial NASA no tuvieron éxito en su reparación, por lo que tales fallas resultaron ser permanentes (condición denominada en jerga técnica como "SLC-off").

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, pero se tiene la presencia de franjas de datos faltantes en las imágenes posteriores a 2003.

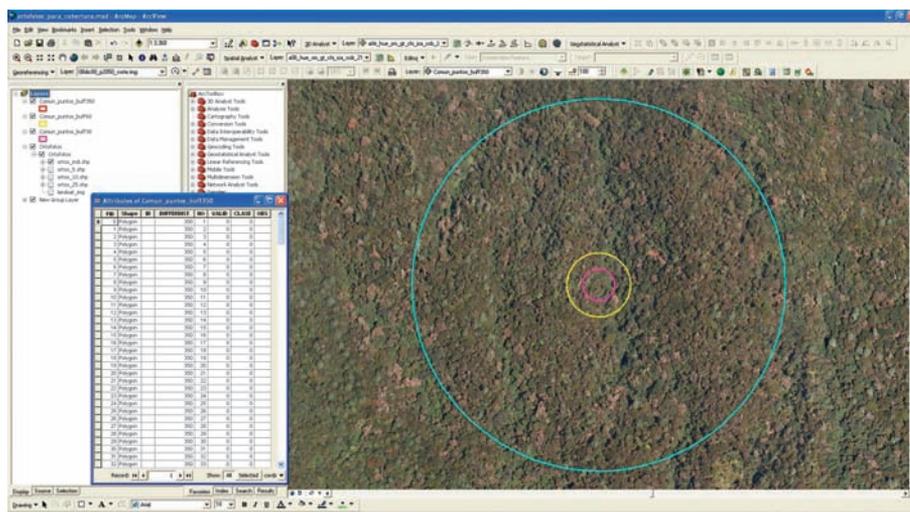
Dado que los datos faltantes varían de imagen a imagen, es posible complementar la información de una región con dos o más imágenes de fechas cercanas. Esto se hace mediante una integración de datos entre las imágenes seleccionadas, con lo que se completa un proceso de “relleno”, mediante una herramienta denominada “Gap Fill”, desarrollada para funcionar con el software de procesamiento de imágenes.

Esta herramienta, mediante la integración de dos o más imágenes, llenan los vacíos de información, resultando en imágenes con información de múltiples fechas. Debido a que la herramienta Gap Fill funciona sobre datos crudos o números digitales sin corrección radiométrica, resultó necesario el desarrollo de una herramienta que permitiese integrar las imágenes con datos calibrados a reflectancia. Esta herramienta fue desarrollada también por el Ing. Víctor Hugo Ramos (2010b), tomando también como plataforma los programas de software Microsoft Excel y ArcGIS.

4.4.5 Obtención de puntos de control y verificación

Este procedimiento permite evaluar, mediante el uso de ortofotos de alta definición, la cobertura “real” en un determinado punto geográfico. A través de un proceso de selección aleatoria, se distribuyó un total de 30,000 puntos sobre el territorio nacional. Estos puntos sirvieron como medio de verificación del tipo de cobertura del suelo al evaluar cada uno de manera individual sobre las ortofotos 2006. Con cada punto se desplegaron en pantalla tres circunferencias con distintos diámetros: la mayor con 350 m, la intermedia de 60 m y la central y más pequeña con 30 m. Las circunferencias de 60 m y 30 m (también llamados “buffers”) fueron utilizadas para determinar si un punto tenía homogeneidad de cobertura del suelo (Ver Figura 7). De existir homogeneidad en los buffers, el punto se consideró “válido” para ser utilizado y se procedió a clasificar su tipo de cobertura.

Figura 7. Ejemplo de despliegue de un punto de control válido.



El Cuadro 2 muestra las clases de uso que se utilizaron en la clasificación de puntos de control usando las ortofotos.

Cuadro 2. Criterios de clasificación de puntos de control a partir de ortofotos.

CODIGO	USO	CRITERIOS PARA ASIGNAR CLASE
1	Bosque	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 metros - Las copas de la vegetación emergente tiene 2 m o más de diámetro (para aproximar a una altura mínima de 5 m) - La cobertura de copas está arriba de 30%
2	Matorral	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 metros - Las copas de la vegetación emergente tiene menos de 2 m de diámetro (para aproximar a una altura por debajo de 5 m) y más de 1 m de diámetro. - No son evidentes prácticas culturales que caracterizan plantaciones (arreglos simétricos o siembra a intervalos) - La cobertura tiene las características de sucesión secundaria
3	Plantaciones de árboles	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 metros - Las copas de la vegetación emergente tiene 2 m o más de diámetro (para aproximar a una altura mínima de 5 m) - Son evidentes arreglos espaciales sistemáticos característicos de plantación (árboles en hileras ordenadas) - La interpretación contextual permite determinar que se trata de una plantación de árboles
4	Plantaciones de arbustos - herbáceas - otros	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 metros - Las copas de la vegetación emergente tiene menos de 2 m de diámetro (para aproximar a una altura por debajo de 5 m) - Son evidentes arreglos espaciales sistemáticos característicos de plantación (árboles en hileras ordenadas) - La interpretación contextual permite determinar que se trata de una plantación de arbustos, herbáceas o palmas (café sin sombra, caña de azúcar, frutales de bajo porte, palma africana, etcétera.)
5	Plantaciones bajo sombra	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 m - Dos estratos son evidentes en la cobertura característicos de café y cardamomo bajo sombra como ejemplos típicos - Son evidentes arreglos espaciales sistemáticos característicos de plantación en el estrato debajo de la sombra - La interpretación contextual permite determinar que se trata de una plantación con las características deseadas.
6	No bosque	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 m - No califica dentro de ninguna de las anteriores, ni ninguna de las clases de código 7-8 - Puede incluir cultivos anuales, pastos cultivados, suelos desnudos, humedales sin árboles, sucesión secundaria temprana (menos de 1 mt de diámetro de copas), sabanas, etcétera.
7	Urbano / infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 m - Áreas construidas (casas, caminos balastrados y/o asfaltados, superficies impermeables construidas por el hombre) ocupan al menos el 50% del área
8	Agua	<ul style="list-style-type: none"> - La cobertura de la clase es homogénea dentro de los círculos de 30 y 60 m

Las Figuras 8 y 9 ilustran la secuencia de pasos para usar los puntos de control de las ortofotos en la generación de los mapas 2006 y 2001.

Figura 8. Secuencia de pasos para el procesamiento de puntos de control para la elaboración del mapa 2006.

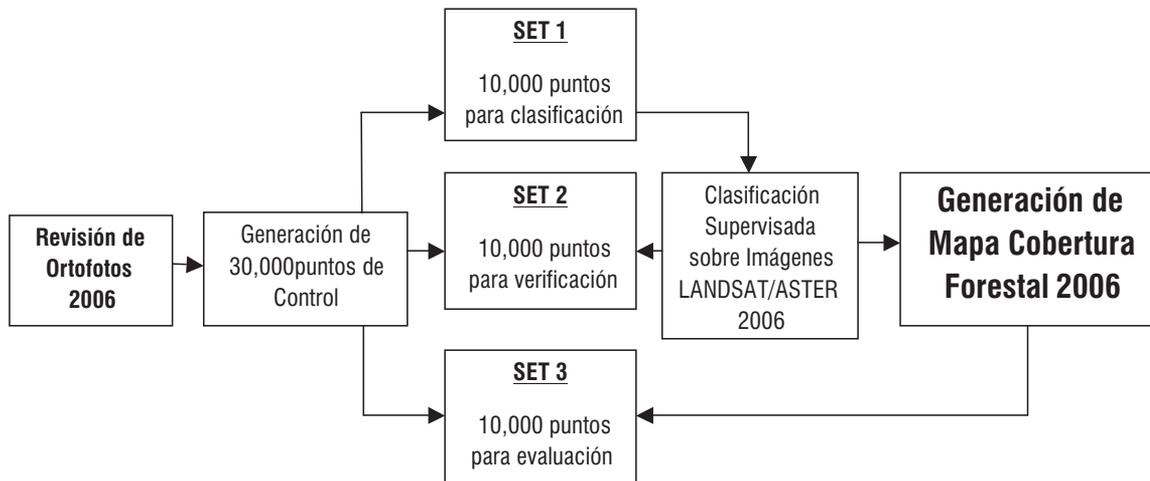
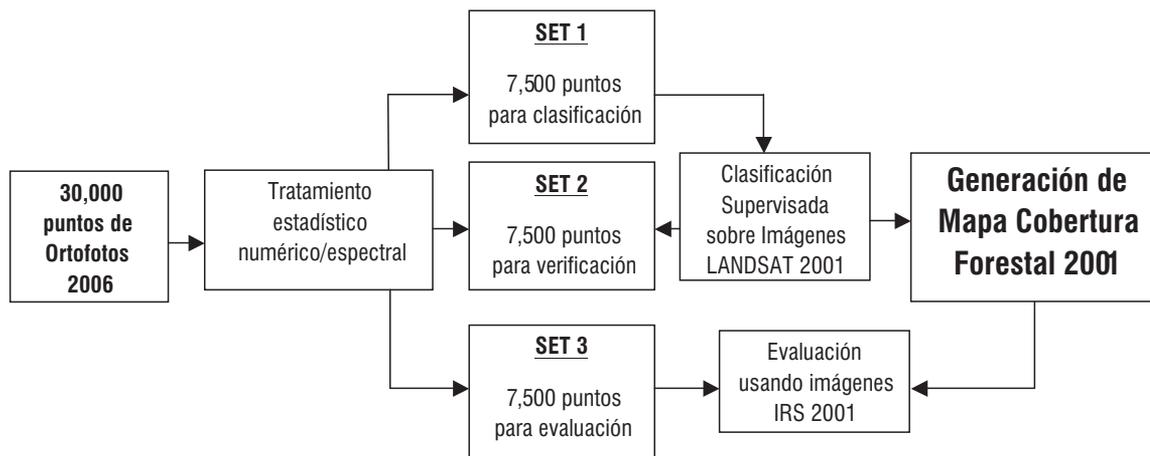


Figura 9. Secuencia de pasos para el procesamiento de puntos de control para la elaboración del mapa 2001.



4.4.6 Clasificación y vectorización para edición manual

La clasificación de las imágenes satelitales se hizo con un procedimiento supervisado utilizando para ello los puntos de control clasificados sobre las ortofotos que sirven como puntos de entrenamiento para que la computadora pueda clasificar toda la imagen. Estos puntos de entrenamiento en efecto definen áreas donde el uso del suelo es conocido y de donde se extrae información espectral para definir las llamadas firmas espectrales. Estas firmas determinan de forma única el espectro de luz reflejada de los usos del suelo a clasificar.

Se definieron firmas espectrales para cada uno de los usos del suelo descritos en el Cuadro 2 y con esa información se procedió a realizar la clasificación de todas las imágenes.

Este proceso de clasificación automatizado tiene sus limitantes principalmente porque tiende a confundir áreas con firmas espectrales muy parecidas. Esto hace necesaria una edición manual del producto clasificado para reclasificar áreas con error. Esta edición manual se hizo convirtiendo a formato vectorial las imágenes ya clasificadas para luego revisar individualmente los vectores que tenían posibilidad de haber sido clasificados erróneamente.

Finalmente, las clases mostradas en el Cuadro 2 fueron agrupadas para lograr las clases meta del mapa final. Así, las clases 1 y 3 de dicho cuadro fueron reclasificadas a la categoría de bosque; la clase 8 permaneció como agua y el resto de clases fueron reclasificadas a la categoría “sin bosque”. Se conservó también una clase denominada “sin datos” que representa las áreas con nubes o sombras de nubes donde no fue posible determinar la cobertura del suelo.

4.4.7 Estimación de la cobertura de plantaciones de café

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

Dado que la cobertura de café para el territorio nacional es significativa en extensión, resultó necesario contar con métodos especiales que permitieron la diferenciación entre cobertura forestal y cobertura de café.

El análisis se realizó en colaboración con la Asociación Nacional de Café –ANACAFE-, quien proporcionó los parámetros biofísicos sobre el cultivo del café (*Coffea arabica*) y la localización geográfica de los cascos de las principales fincas cafetaleras del país al año 2003.

Se adquirieron 29 imágenes de Radar de Apertura Sintética del satélite japonés ALOS-PALSAR del año 2007, las cuales fueron donadas por la Universidad de Fairbanks de Alaska -UAF-. Para este estudio se hizo uso de los datos con polarización HH (emisión horizontal y recepción horizontal) y HV (emisión horizontal y recepción vertical). La disposición de esta polarización generó el Ratio HV/HH para la reducción del efecto de la topografía.

Se realizó una composición entre las bandas ópticas LANDSAT 1,2,3,4,6,7, NDVI y el ratio HV/HH de SAR, procediendo luego a realizar luego una clasificación supervisada tomando en consideración los datos de fincas que ANACAFE proporcionó, como fuente principal para la obtención de firmas espectrales.

Se usaron cinco clases en el proceso de clasificación:

- 1) Bosque
- 2) Área con probabilidad de café
- 3) Sin bosque
- 4) Urbano/Suelo expuesto
- 5) Agua

Posteriormente y como alternativa para discriminar el área con cobertura de café para Guatemala, se realizó un proceso de post-clasificación que evaluó datos bio-geográficos haciendo uso del árbol de decisiones multiobjetivo para determinar la probabilidad de cobertura de café.

Las variables utilizadas para este proceso de decisión fueron: elevación sobre el nivel del mar, pendientes, precipitación anual, distancia al punto central de los cascos de las fincas y la clasificación de las cinco clases descritas. El modelo probabilístico asigna una ponderación a cada una de las variables usadas y asigna pesos a cada valor individual de estas variables. En la Figura 10 se muestra el diagrama de flujo que describe la secuencia de procesos usados.

La Figura 11 muestra la capa de café resultante para Guatemala, la cual fue sobrepuesta sobre las clasificaciones del Mapa Nacional de Cobertura Forestal, eliminando así áreas clasificadas como Bosque que pudiesen corresponder a cobertura de café. Es importante resaltar que se usó la misma capa de café para corregir ambos mapas forestales, de los años 2006 y 2001.

Figura 10. Diagrama de flujo de la secuencia de procedimientos desarrollados para obtener una aproximación de la cobertura de café para la República de Guatemala.

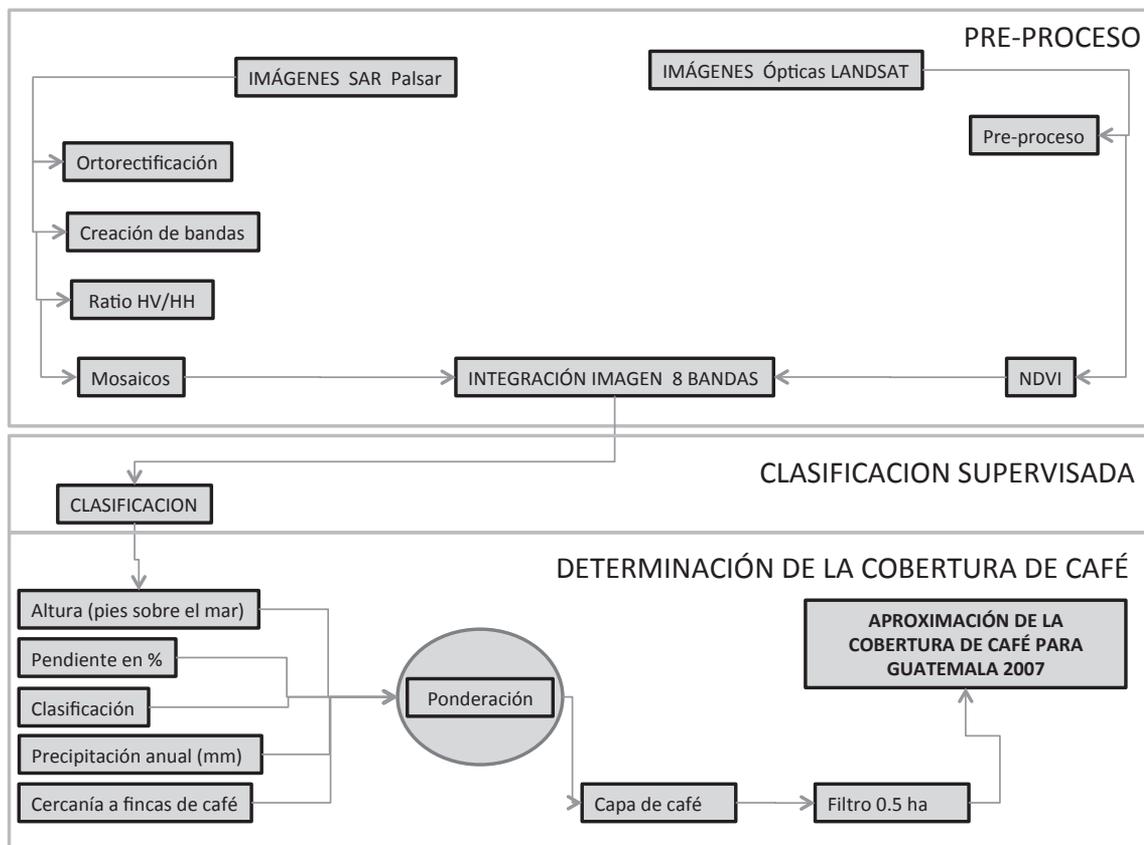
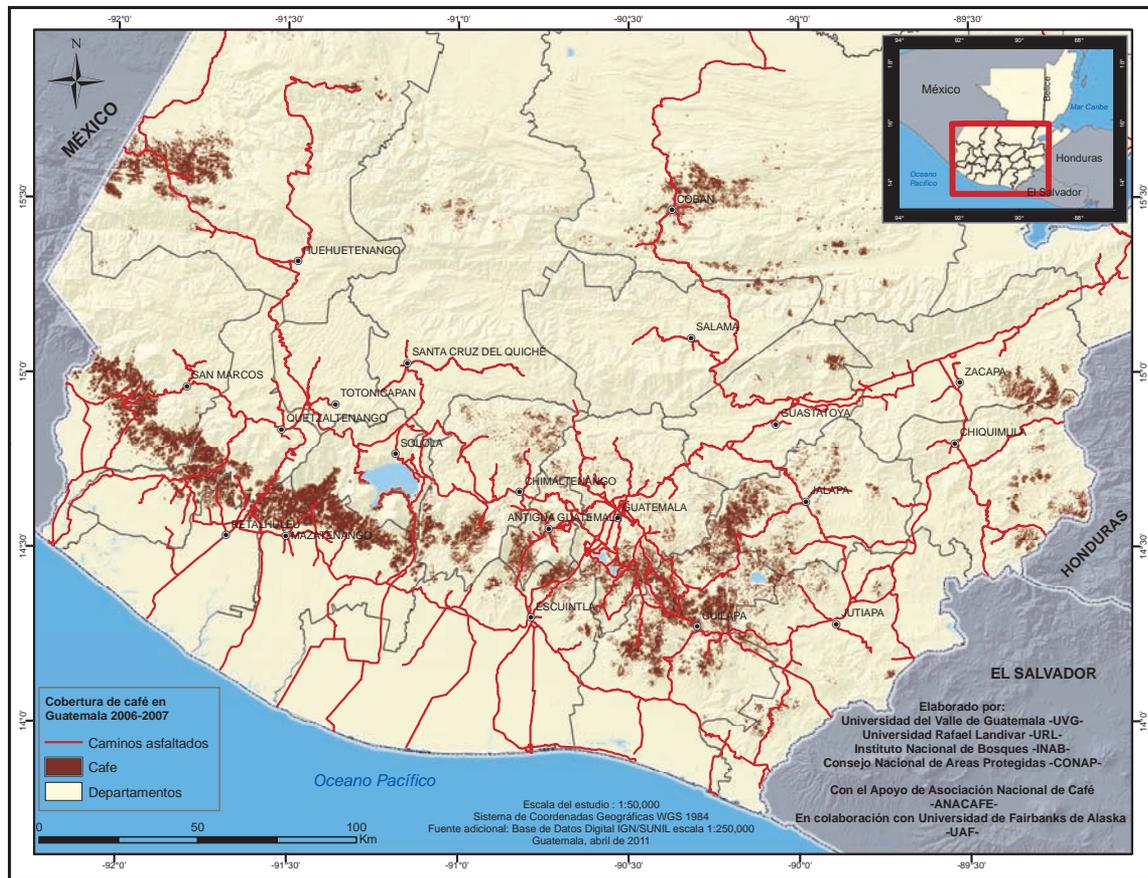


Figura 11. Mapa de la cobertura de café para Guatemala al año 2006.



4.4.8 Eliminación de áreas no mapeables

Este paso se aplica luego de regresar la clasificación editada en vector a formato raster de nuevo, con el objetivo de poder limpiar las dispersiones de píxeles sueltos y pequeños grupos de píxeles. Para ello se aplica 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. En este caso se tomó en cuenta el tamaño mínimo de bosque de 0.54 ha ó 6 píxeles.

4.4.9 Evaluación de exactitud de la clasificación

Se hizo la evaluación de la exactitud de la clasificación de las imágenes usando el tercer grupo de puntos de control que fueron clasificados sobre las ortofotos independientemente por un grupo externo. Comparando estos puntos contra el mapa clasificado se generaron estadísticas para estimar el error del mapa, incluyendo matrices de contingencia con porcentaje de coincidencia entre la clasificación de las imágenes y la clasificación independiente de las ortofotos.

4.4.10 Estimación de las tasas de cambio

Una vez completado el proceso de elaboración de los mapas para los años 2001 y 2006, se procedió a sobreponer ambos mapas para detectar las áreas sin cambio y las áreas que han tenido cambios de ganancia o pérdida de cobertura forestal. Ya generada esta capa de cambios se revisó una vez más las clasificaciones de cada año para asegurarse que los cambios de cobertura detectados eran reales y no el resultado de una variación artificial en la reflectancia de las imágenes. Estos tres raster clasificados, de cobertura forestal para los años 2001 y 2006 y de cambios de cobertura forestal sirvieron de base para realizar todos los cálculos presentados en la sección de resultados.

Todos los cálculos de resultados se realizan en función de un área base de interés. Se consideraron cuatro tipos de área base: municipio, departamento, nación y áreas protegidas. Para cada una de estas unidades se calculó la cantidad de bosque presente en cada uno de los años de interés y su dinámica realizando una intersección entre el polígono del área y los tres raster mencionados. El raster de cambios de cobertura forestal resulta en la información 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 período de tiempo determinado por las fechas de las imágenes utilizadas. Este período varía ya que las imágenes no son todas de las mismas fechas (véase las Figuras 3 y 4). Fue necesario entonces calcular un período 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.

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

De esta forma se calculó por ejemplo que para el territorio nacional el año base de análisis fue 2000.7 y el segundo año fue 2006.6 resultando en un intervalo de tiempo de 5.9 años. Con este intervalo de tiempo se pudo calcular la variación anual:

$$\text{Variación anual (ha/año)} = \text{Variación total (ha)} / \text{intervalo ponderado (años)}$$

Esta variación puede ser el cambio neto, la ganancia o la pérdida. El cálculo de esta variación anual permite hacer comparaciones con variaciones calculadas para otros intervalos de años (por ejemplo, el estudio previo 1993-2001).

La variación anual permite calcular la tasa de variación anual dividiendo por el total de bosque en el año base del análisis, es decir, 2001.

$$\text{Tasa de variación anual (\%)} = \text{Variación anual (ha/año)} / \text{bosque 2001} \times 100$$

La tasa de variación anual normaliza la variación (cambio neto, ganancia o pérdida) por el intervalo de tiempo y por la cantidad original de bosque presente lo que resulta en un valor que puede ser comparado con tasas para otras regiones, incluso países, y otros períodos de tiempo.

Finalmente, se calculó también una tasa de variación anual relativa al área total de análisis, ya sea municipio, departamento o nación.

$$\text{Tasa de variación relativa (\%)} = \text{Variación anual (ha/año)} / \text{área total} \times 100$$

5. RESULTADOS

5.1 Cobertura forestal nacional y departamental

De acuerdo a los resultados de este estudio, el territorio de Guatemala en el año 2001 contaba con 4,152,051 ha de bosque equivalente a un 38.1% del territorio nacional. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 3,866,383 ha equivalente a un 35.5% del territorio nacional. Esto indica que un poco más de una tercera parte del territorio nacional estaba cubierto con bosque en 2006.

Se calculó que durante el período 2001 - 2006, hubo una pérdida total de 605,103 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 319,435 ha ya sea por regeneración o por plantaciones forestales. Estos cambios resultan en una pérdida neta de 285,668 ha de bosque en el intervalo de tiempo estudiado que corresponde a 5.94 años ponderado sobre el territorio nacional.

Esas 285,668 hectáreas de pérdida neta para el territorio nacional, representan una disminución del 6.88% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el territorio de Guatemala es de 48,084 hectáreas por año para el período 2001-2006, equivalente al 1.16% del bosque existente en el año 2001.

El Cuadro 3 muestra los datos de cobertura y de dinámica forestal a nivel departamental y los totales nacionales ya descritos. Dichos datos fueron calculados en base al mapa de dinámica forestal nacional que se muestra en la Figura 12.

Al comparar la dinámica forestal del presente estudio con la del estudio realizado para el período 1991-2001 (UVG, CONAP, INAB, 2006) se observa que (Figura 13) la pérdida anual de bosque aumentó de 93,127 ha para el período 91-01 a 101,869 ha para el período 01-06 lo que representa un aumento del 9% en la cantidad de bosque deforestado anualmente. El aumento en la pérdida de bosque se ve compensado por un aumento significativo en la ganancia de bosque, mostrando una ganancia anual de 19,987 ha para el primer período contra una ganancia de 53,777 ha para el segundo período. Esto representa un aumento del 169% en la ganancia anual de bosque. El aumento significativo en la ganancia de bosque hace que el cambio neto sea menos negativo para el segundo período, donde resultan perdiéndose una cantidad neta de 48,084 ha anuales de bosque contra las 73,148 ha que se perdían anualmente en el período anterior.

El balance muestra entonces que se sigue deforestando intensamente el país, incluso a una tasa más alta en el último período de estudio, pero que esa deforestación está siendo mejor compensada con una regeneración y reforestación que resulta en una pérdida neta anual de bosque más baja.

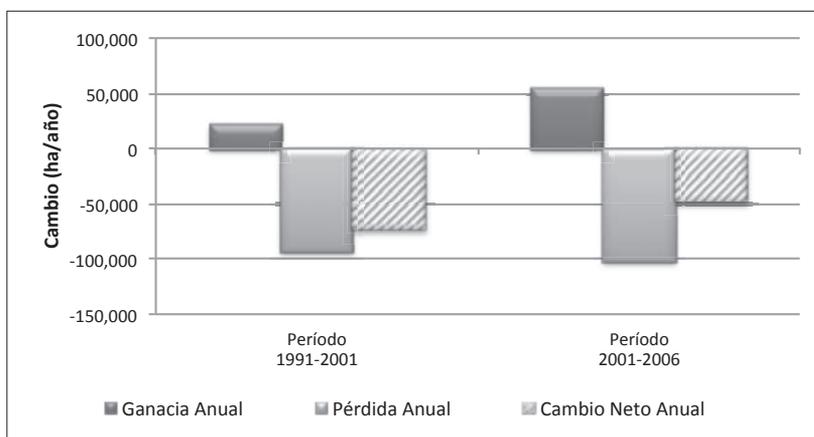
Figura 12. Mapa de dinámica forestal a nivel nacional para los años 2001-2006.



Cuadro 3. Cobertura forestal, cambios netos y tasas de cambio a nivel departamental para el período 2001-2006.

Departamento	Cobertura 2001 (ha)	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto 01-06 (ha)	Cambio anual (ha/año)	Tasa de cambio anual (%)
Alta Verapaz	377,950	391,379	13,429	2,346	0.62
Baja Verapaz	110,840	114,818	3,977	737	0.66
Chimaltenango	71,565	66,190	-5,375	-902	-1.26
Chiquimula	43,165	39,407	-3,758	-783	-1.81
El Progreso	43,943	41,832	-2,111	-389	-0.89
Escuintla	32,016	34,085	2,069	347	1.08
Guatemala	69,365	64,000	-5,365	-900	-1.30
Huehuetenango	219,957	235,291	15,334	2,954	1.34
Izabal	289,714	246,127	-43,587	-8,735	-3.01
Jalapa	26,112	23,159	-2,953	-594	-2.27
Jutiapa	18,136	15,676	-2,460	-511	-2.82
Petén	2,192,096	1,923,494	-268,602	-39,168	-1.79
Quetzaltenango	55,346	55,730	383	67	0.12
Quiché	276,267	276,255	-11	-2	0.00
Retalhuleu	13,918	14,347	429	72	0.52
Sacatepéquez	19,037	20,963	1,927	323	1.70
San Marcos	84,667	83,712	-954	-172	-0.20
Santa Rosa	48,350	49,448	1,098	191	0.40
Sololá	36,112	39,766	3,654	613	1.70
Suchitepéquez	20,524	29,528	9,004	1,511	7.36
Totonicapán	38,402	40,940	2,538	427	1.11
Zacapa	64,570	60,233	-4,336	-896	-1.39
Total nacional	4,152,051	3,866,383	285,668	-48,084	-1.16

Figura 13. Tendencia de la dinámica forestal de Guatemala durante los períodos 91-01 y 01-06.



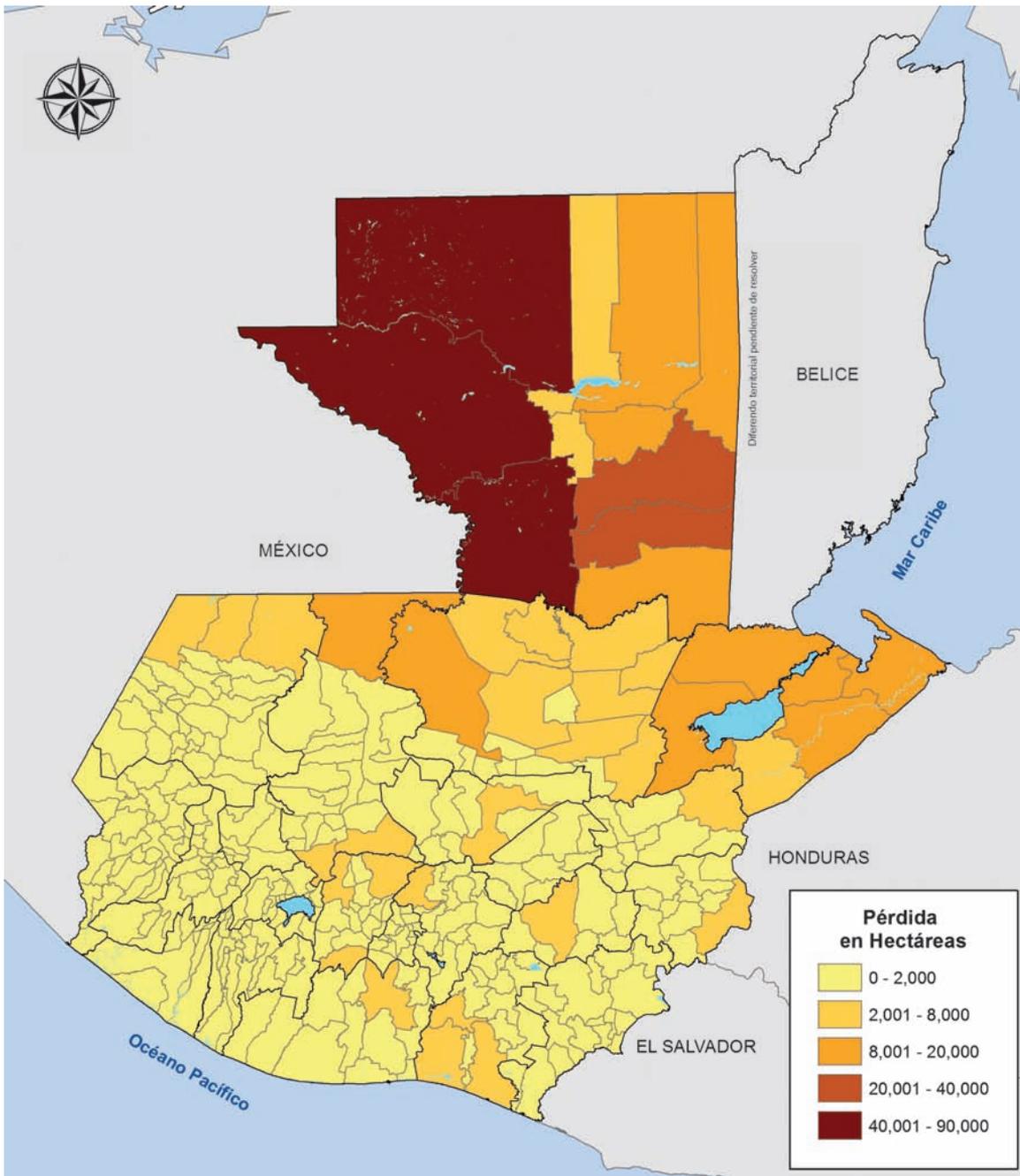
5.2 Cambios de cobertura forestal a nivel municipal

A lo largo del período 2001-2006, El 51% de los municipios (170 en total) del país reportan una disminución neta de más de 10 ha en su cobertura forestal. Resaltan con esta tendencia municipios de Izabal como Puerto Barrios y Livingston; en Petén, Sayaxché, La Libertad, Dolores y San Andrés; así como una franja del altiplano central del país que comprende municipios de los departamentos de Chimaltenango, El Quiché, Baja Verapaz y Guatemala.

Las principales regiones donde no se aprecia esta tendencia de pérdida de cobertura forestal corresponden aun alto porcentaje de municipios de los departamentos de Alta Verpaz, Baja Verapaz, El Quiché, Huehuetenango y Suchitepéquez en buena parte por ser municipios con una ganancia significativa de bosque que contrarresta la deforestación.

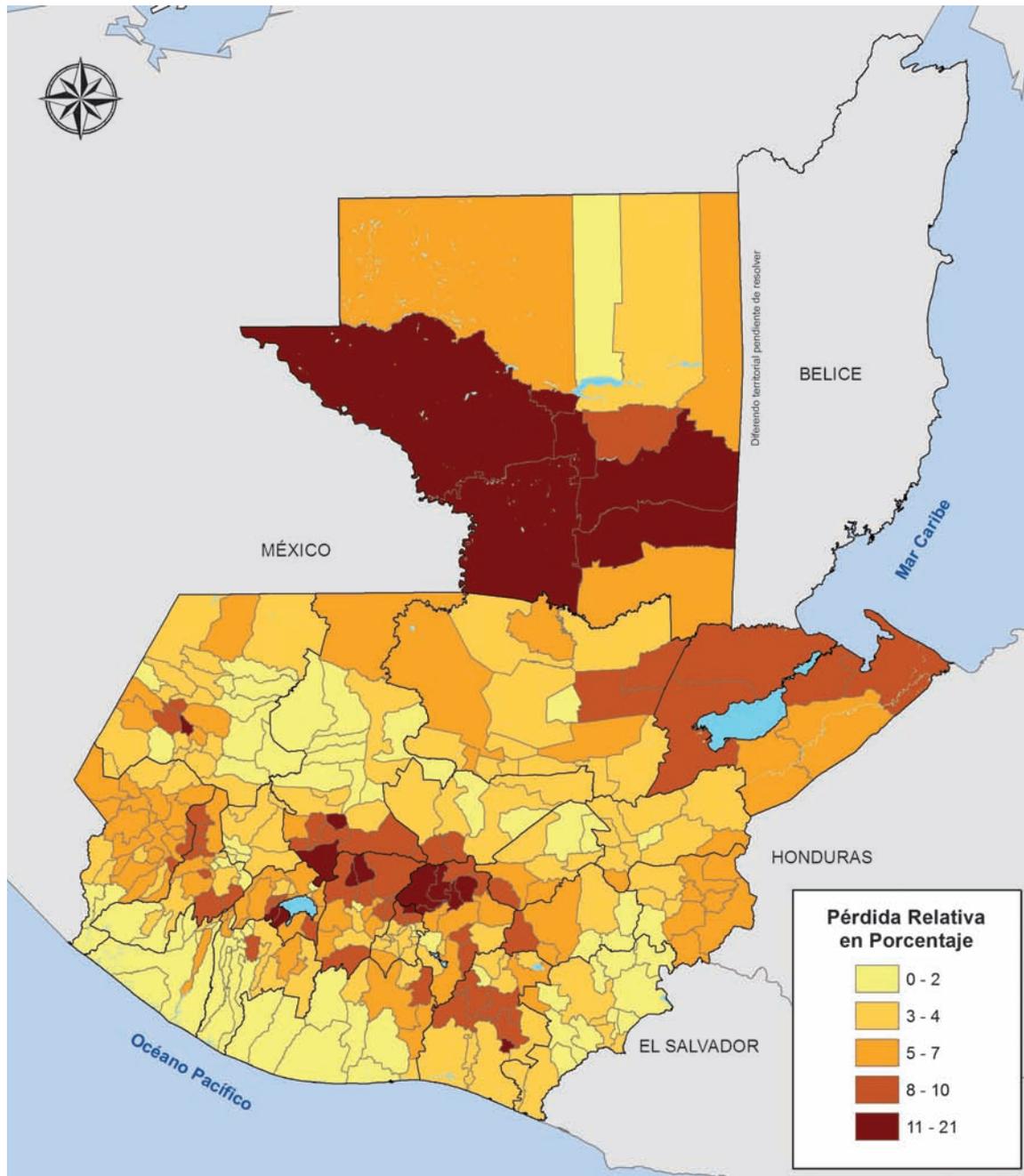
La Figura 14 muestra la pérdida de bosque a nivel municipal y se observa una clara tendencia a una mayor pérdida en los municipios grandes del norte del país. Resaltan las bajas pérdidas en los municipios del centro y sur del país y las altísimas pérdidas en la región oeste del Petén donde 3 municipios tienen la tercera parte de la pérdida del país.

Figura 14. Pérdida de cobertura forestal a nivel municipal, período 2001-2006.



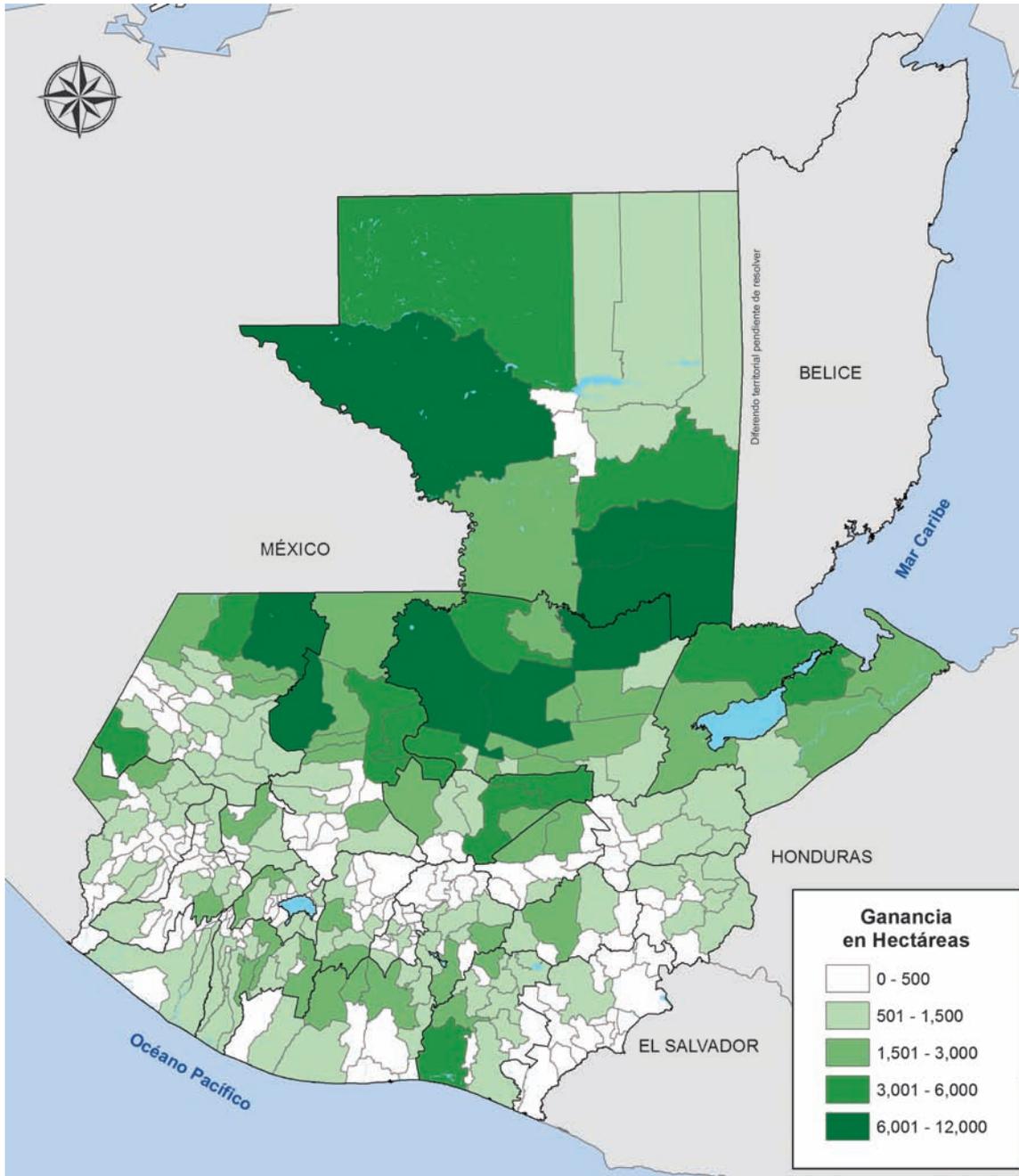
En la Figura 15 se muestra la misma información de pérdida de bosque pero relativa al tamaño del municipio. Este análisis muestra que siguen siendo los municipios del oeste de Petén los que presentan mayor pérdida, aunque se agregan ahora algunos municipios de la región sur-este. También resaltan algunos municipios de la región central donde hay una pérdida alta de bosque en relación al tamaño pequeño de los municipios. Esta es una región de rápido crecimiento urbano y poblacional.

Figura 15. Pérdida relativa de cobertura forestal a nivel municipal como porcentaje del área total del municipio, período 2001-2006.



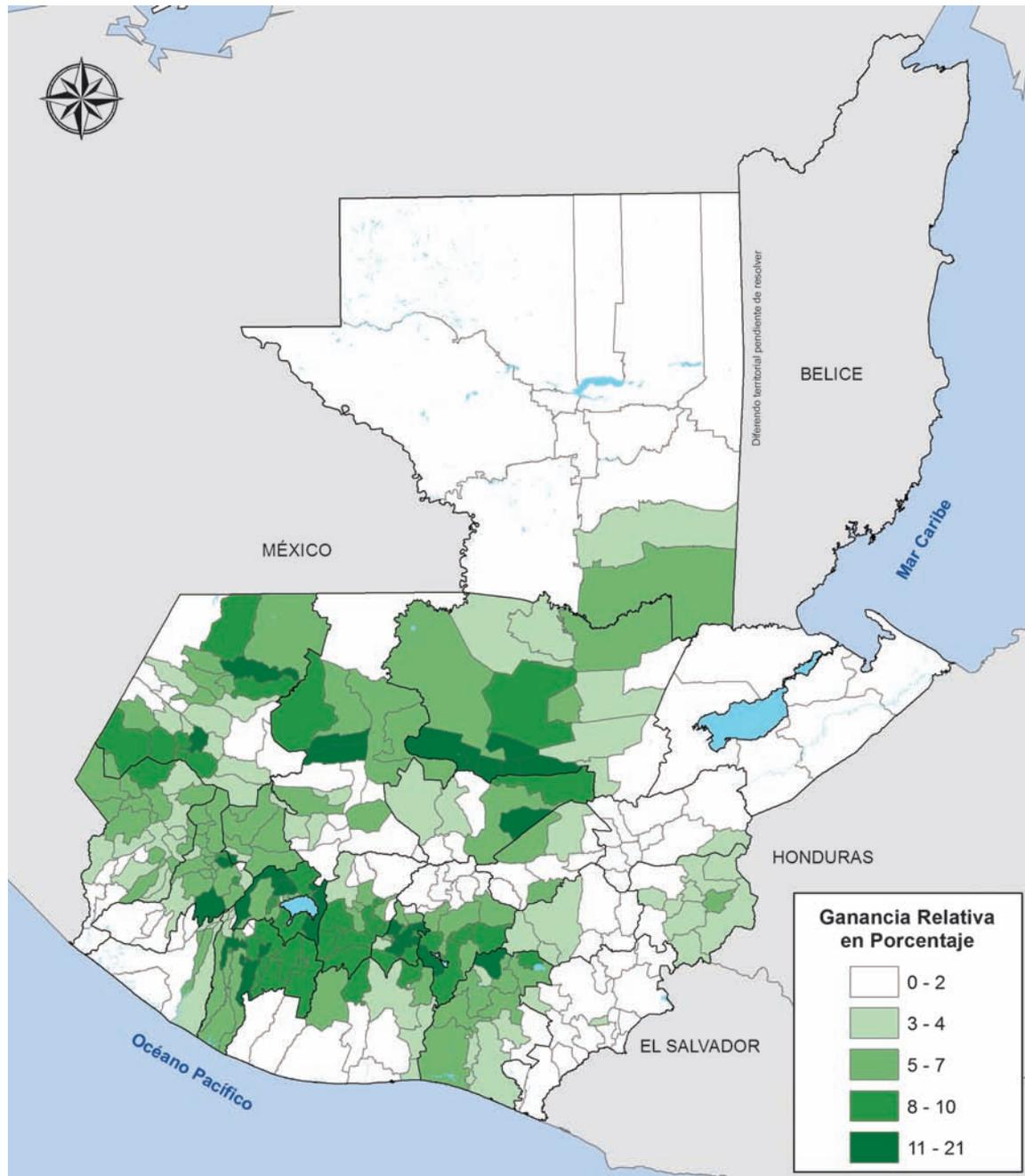
La Figura 16 muestra las ganancias de cobertura forestal a nivel municipal. Es importante contrastar la escala de valores de esta figura con respecto a la Figura 14 donde las pérdidas alcanzan valores cercanos a las 90,000 ha; las ganancias en la Figura 16 apenas llegan a un poco más de 11,000 ha en municipios de Alta Verapaz y sur de Petén. Esta comparación resalta una vez más que la reforestación y regeneración no es suficiente para compensar los niveles de deforestación observados principalmente en la región norte del país.

Figura 16. Ganancia de cobertura forestal a nivel municipal, período 2001-2006.



Finalmente, la Figura 17 muestra la misma información de ganancia de bosque en función del tamaño del municipio. Se ve en esta figura que son algunos municipios de Huehuetenango, Quiché y las Verapaces los que tienen mayor ganancia de bosque relativo a su tamaño. También es interesante notar que varios municipios de la boca costa central presentan ganancias significativas. Algunas de estas ganancias son el resultado del aumento de plantaciones de hule en esa región.

Figura 17. Ganancia relativa de cobertura forestal a nivel municipal como porcentaje del área total del municipio, período 2001-2006.



5.3 Análisis de la dinámica forestal en áreas protegidas

El Cuadro 4 muestra los valores estimados de bosque en los dos años del estudio desagregados por su ocurrencia o no dentro de áreas protegidas (AP). El valor de reducción en área de cobertura forestal es superior dentro de AP que fuera de ellas; 56% del bosque perdido en el país está dentro de AP contra 44% en áreas no protegidas. De igual manera, el valor de la tasa anual de cambio es superior dentro de AP que fuera. Aunque estos números pueden ser interpretados como una evidencia de la ausencia de efectividad de las AP para frenar la deforestación, puede también argumentarse que los valores tanto referidos a superficie como los expresados en porcentaje denotan la marginalidad de los territorios que ocupan los bosques fuera de AP, lo que los hace mucho menos atractivos para ser cambiados de uso. Por otro lado, es importante destacar el hecho de que las AP, a pesar de representar aproximadamente un tercio del territorio nacional, contienen todavía más de la mitad de todos los bosques remanentes en Guatemala.

Cuadro 4. Análisis de cobertura forestal a nivel nacional dentro y fuera de áreas protegidas.

Localización del bosque	Bosque 2001 (ha)	Bosque 2006 (ha)	Cambio anual (ha/año)	Tasa de cambio anual (%)
Dentro de Areas Protegidas	2,203,062	2,032,215	-26,287	-1.19
Fuera de Areas Protegidas	1,950,299	1,835,384	-20,355	-1.04

El Cuadro 5 muestra los valores estimados de cobertura y dinámica forestal por categoría de manejo de las AP del país. Cinco categorías de manejo registraron incrementos en la cobertura de bosques y nueve registraron disminuciones con extremos situados en Monumento Natural (incremento anual de 2.09%) y Reserva Biológica (reducción anual de 6.21%). En cuanto a valores en superficie, las Reservas de Biosfera registraron valores por encima de 13 mil hectáreas anuales de reducción de bosques (28% de la pérdida total nacional), seguidas por Reservas Biológicas y Parques Nacionales con valores por encima de 4 mil hectáreas cada una (aproximadamente 10% de la pérdida total nacional cada uno). Las pérdidas en estos tres tipos de reserva representan el 47% del total de bosque perdido en el país.

En cuanto a casos específicos de reducciones o incrementos en la cobertura de bosques, las reducciones más drásticas en cuanto a tasa anual en % se registraron en la Reserva Biológica San Román en Petén, con valores de 6.82% de reducción anual de sus bosques con respecto al 2001. Tasas positivas, es decir de incremento de bosque, de magnitudes significativas se registraron en la Zona de Amortiguamiento Volcán Agua con un valor positivo de 5.53% anual. En términos de superficie anual de reducción el caso más notable es el de la Zona de Amortiguamiento de la RBM, con un cambio anual de reducción de cerca de 9 mil hectáreas representando el 19% de las pérdidas anuales del país.

Cuadro 5. Análisis de dinámica forestal dentro de áreas protegidas clasificadas por categoría de declaratoria.

Categorías de declaratoria	Bosque 2001 (ha)	Bosque 2006 (ha)	Cambio anual (ha/año)	Tasa de cambio anual (%)
Área de Uso Múltiple	57,101	58,991	329	0.58
Biotopo Protegido	96,770	95,116	-244	-0.25
Monumento Cultural	5,922	5,293	-89	-1.51
Monumento Natural	371	411	8	2.09
Parque Nacional	556,129	525,932	-4,479	-0.81
Parque Recreativo Natural Municipal	19	17	0	-1.29
Parque Regional Municipal	26,444	26,755	56	0.21
Refugio de Vida Silvestre	102,382	87,115	-2,476	-2.42
Reserva Biológica	75,134	42,204	-4,666	-6.21
Reserva de Biosfera	1,183,957	1,096,102	-13,335	-1.13
Reserva Forestal Municipal	158	159	0	0.09
Reserva Natural Privada	37,259	36,542	-131	-0.35
Reserva Protectora de Manantiales	25,695	21,535	-815	-3.17
Zona de Veda Definitiva	35,721	36043.65	59	0.17

5.4 Resultados detallados por departamento

5.4.1 Alta Verapaz

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Alta Verapaz en el período 2001 contaba con 377,950 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 391,379 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 46,369 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 59,798 ha resultando en una ganancia neta de 13,429 ha de bosque.

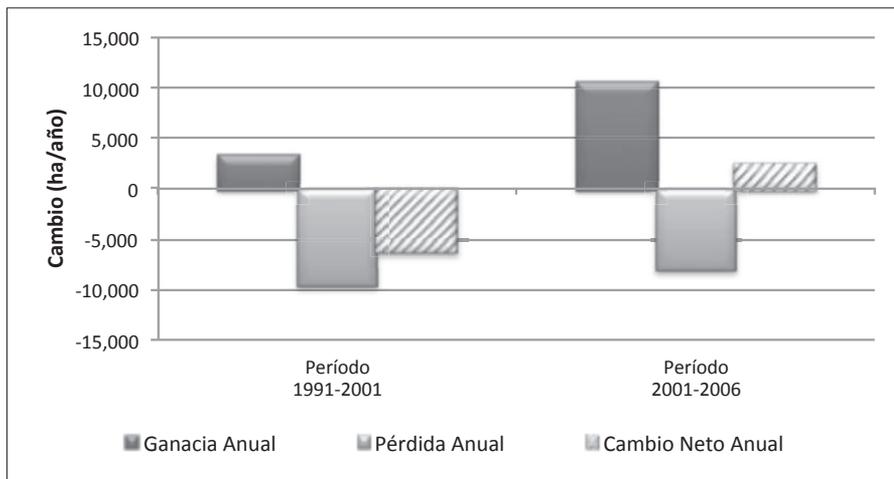
Esas 13,429 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Alta Verapaz, representan una recuperación del 3.55% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Alta Verapaz es de 2,346 ha/año, equivalente al 0.62% del bosque existente en el año 2001.

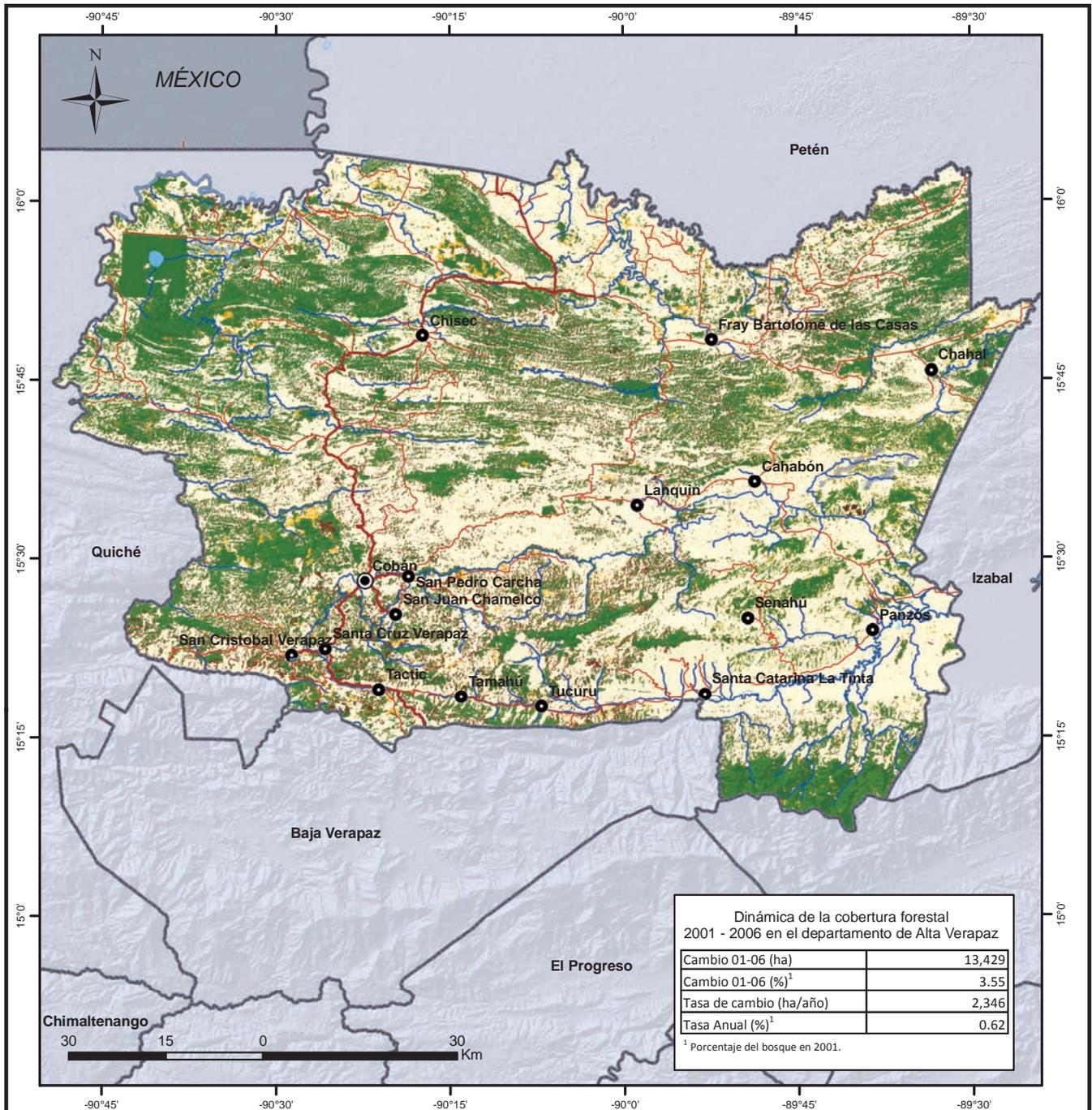
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 18 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Alta Verapaz en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 18. Tendencia de la dinámica forestal de Alta Verapaz durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Áreas de bosque
- Áreas sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Alta Verapaz

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.2 Baja Verapaz

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Baja Verapaz en el período 2001 contaba con 110,840 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 114,818 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 9,659 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 13,636 ha resultando en una ganancia neta de 3,977 ha de bosque.

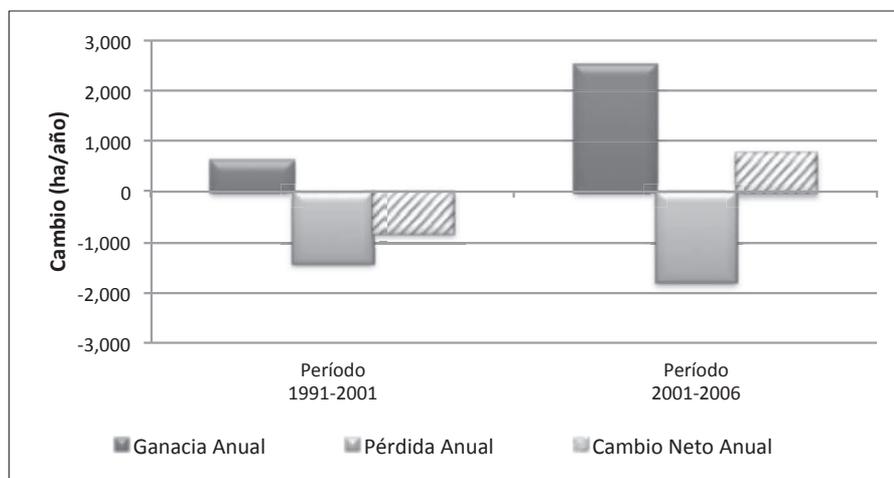
Esas 3,977 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Baja Verapaz, representan una recuperación del 3.59% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Baja Verapaz es de 737 ha/año, equivalente al 0.66% del bosque existente en el año 2001.

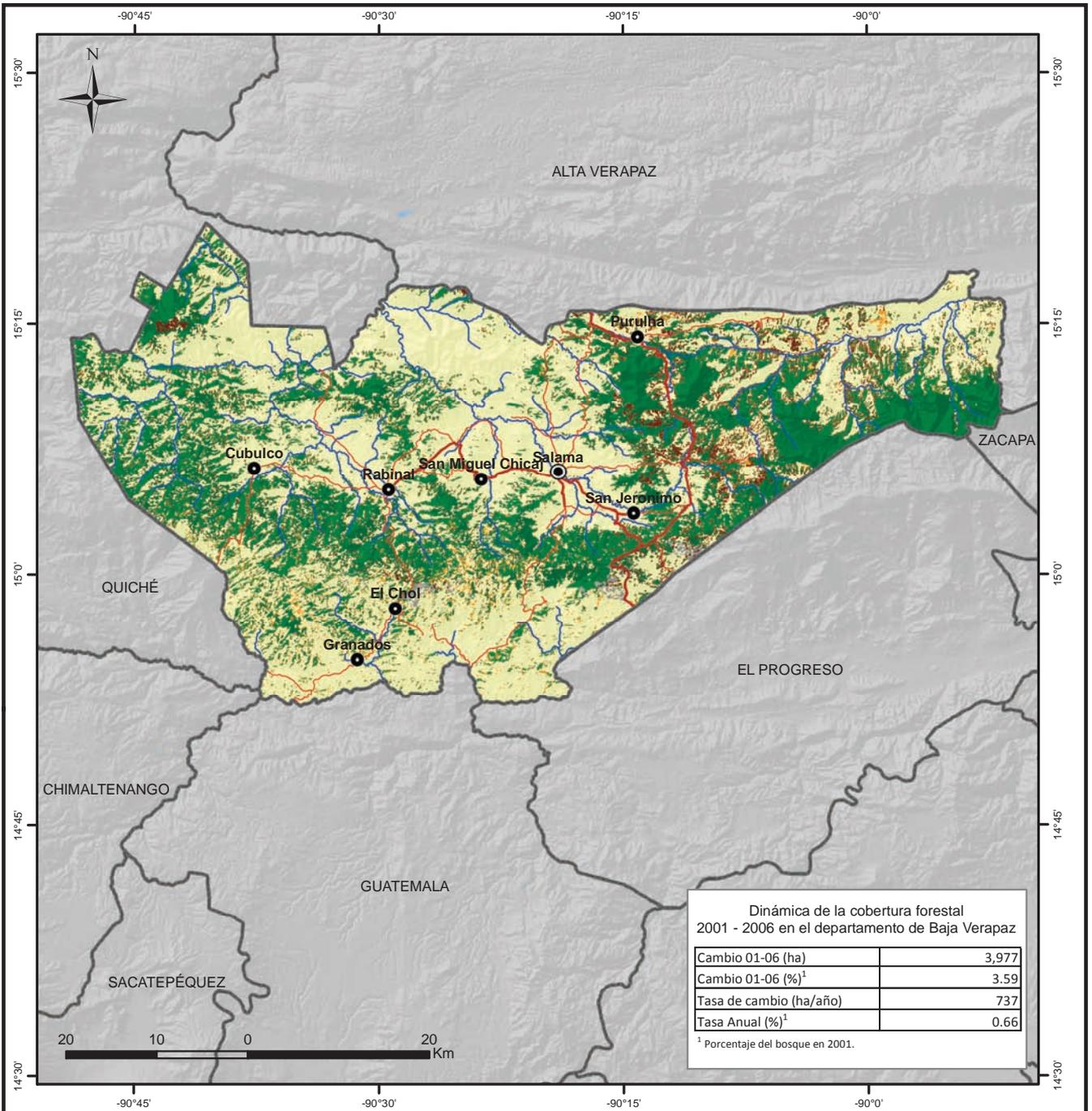
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 19 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Baja Verapaz en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 19. Tendencia de la dinámica forestal de Baja Verapaz durante los dos períodos.





Dinámica de la cobertura forestal
2001 - 2006 en el departamento de Baja Verapaz

Cambio 01-06 (ha)	3,977
Cambio 01-06 (%) ¹	3.59
Tasa de cambio (ha/año)	737
Tasa Anual (%) ¹	0.66

¹ Porcentaje del bosque en 2001.

Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Áreas de bosque
- Áreas sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal
2001 - 2006 en Baja Verapaz**

Elaborado por:
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-**

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.3 Chimaltenango

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Chimaltenango en el período 2001 contaba con 71,565 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 66,190 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 14,310 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 8,935 ha resultando en una pérdida neta de 5,375 ha de bosque.

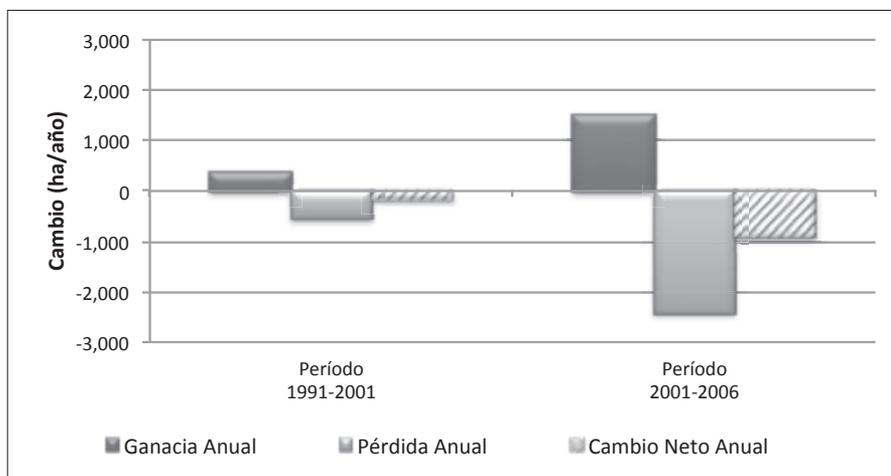
Esas 5,375 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Chimaltenango, representan una disminución del 7.51% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Chimaltenango es de 902 ha/año, equivalente al 1.26% del bosque existente en el año 2001.

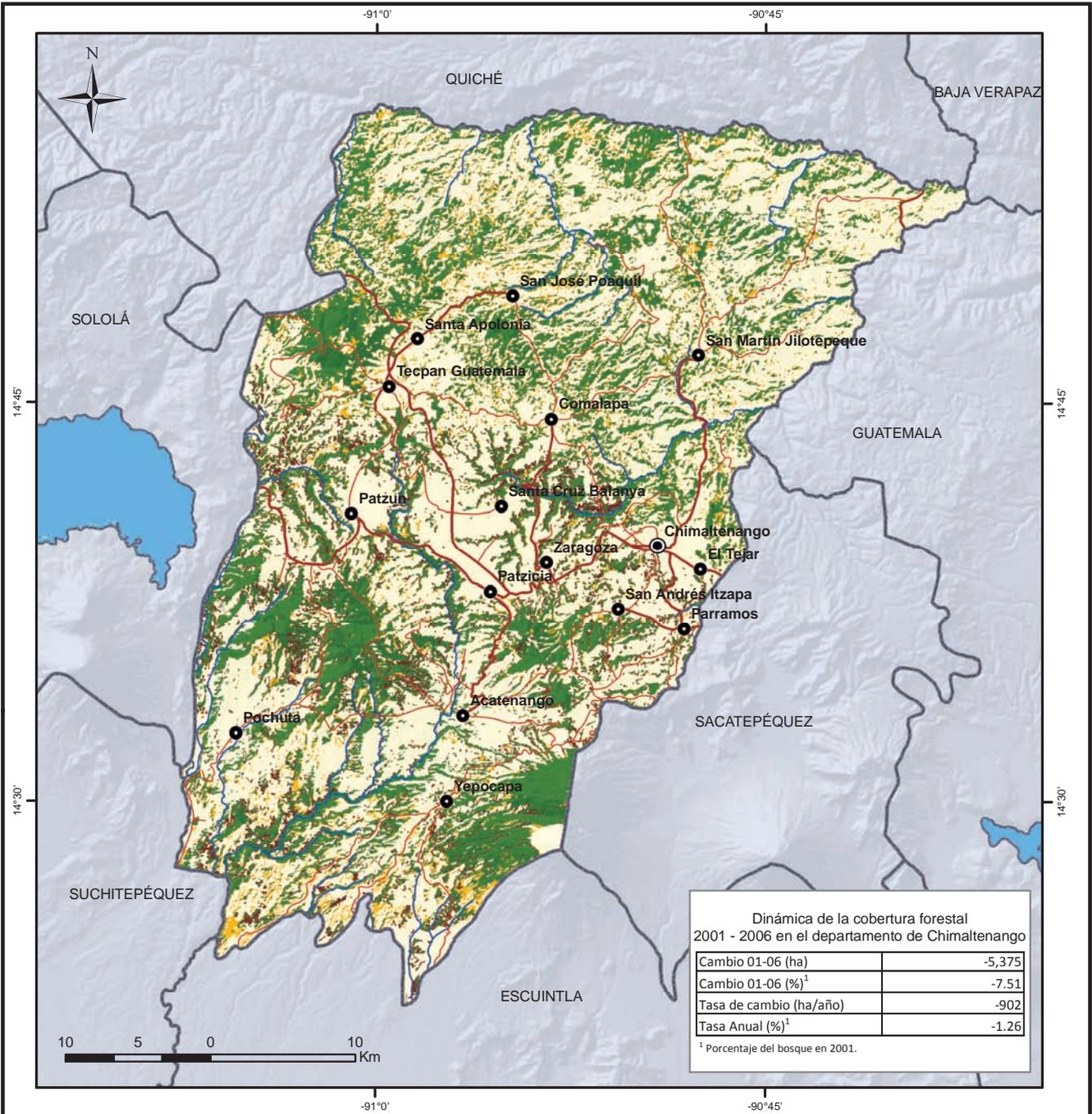
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 segundo período (2001-2006), superando en 753 ha/año al primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 20 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chimaltenango en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 20. Tendencia de la dinámica forestal de Chimaltenango durante los dos períodos.





Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en el departamento de Chimaltenango

Cambio 01-06 (ha)	-5,375
Cambio 01-06 (%) ¹	-7.51
Tasa de cambio (ha/año)	-902
Tasa Anual (%) ¹	-1.26

¹ Porcentaje del bosque en 2001.

Referencias

- ⊙ Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Áreas de bosque
- Áreas sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Chimaltenango

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.4 Chiquimula

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Chiquimula en el período 2001 contaba con 43,165 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 39,407 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 9,895 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 6,137 ha resultando en una pérdida neta de 3,758 ha de bosque.

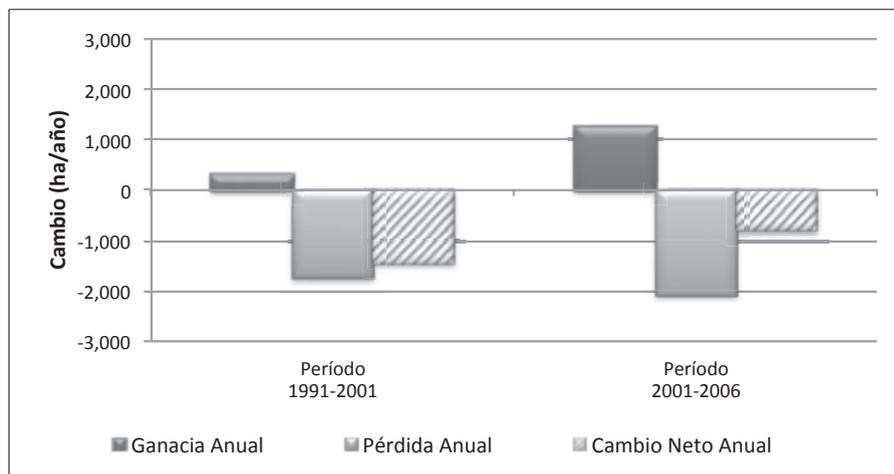
Esas 3,758 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Chiquimula, representan una disminución del 8.7% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Chiquimula es de 783 ha/año, equivalente al 1.81% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 646 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 21 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chiquimula en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 21. Tendencia de la dinámica forestal de Chiquimula durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Chiquimula

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.5 El Progreso

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de El Progreso en el período 2001 contaba con 43,943 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 41,832 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 7,019 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,908 ha resultando en una pérdida neta de 2,111 ha de bosque.

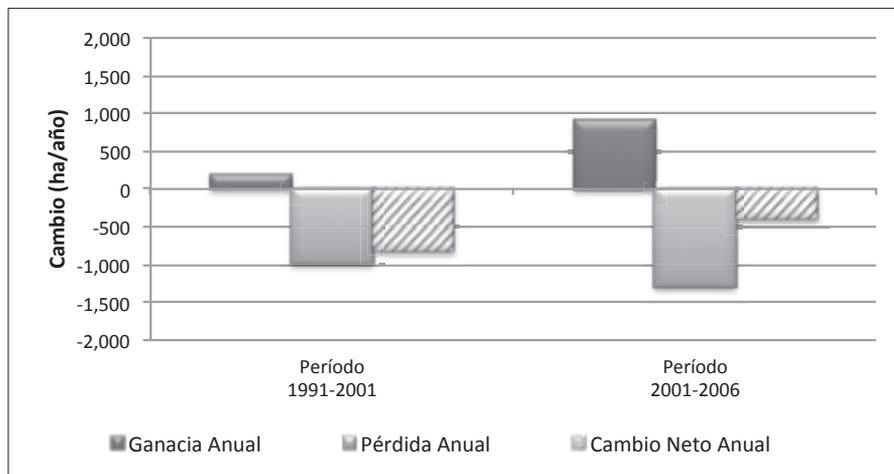
Esas 2,111 hectáreas de pérdida neta para el departamento de El Progreso, representan una disminución del 4.8% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de El Progreso es de 389 ha/año, equivalente al 0.89% del bosque existente en el año 2001.

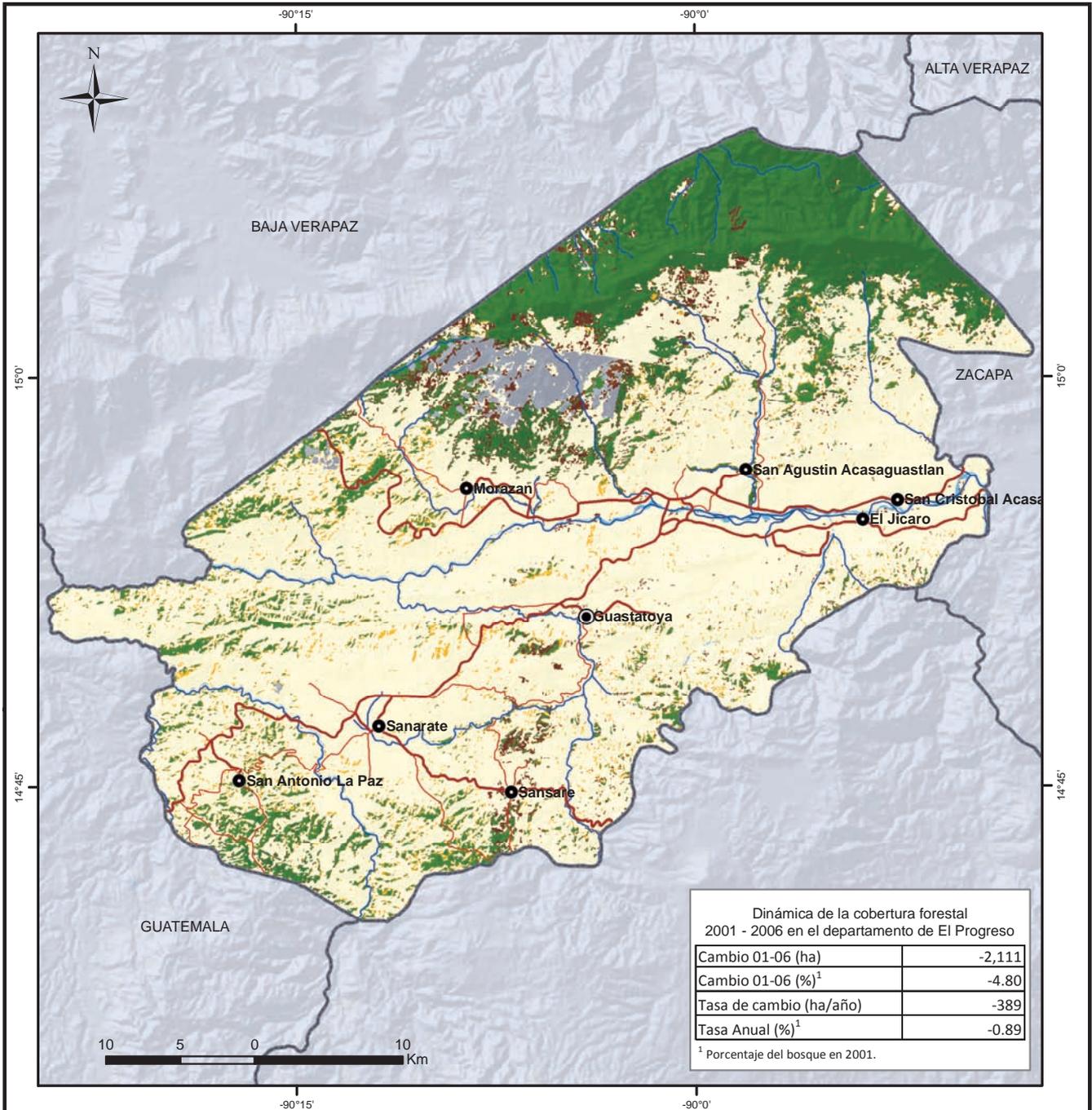
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 404 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una pérdida del bosque.

En la Figura 22 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de El Progreso en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 22. Tendencia de la dinámica forestal de El Progreso durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en El Progreso

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.6 Escuintla

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Escuintla en el período 2001 contaba con 32,016 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 34,085 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 8,923 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 10,992 ha resultando en una ganancia neta de 2,069 ha de bosque.

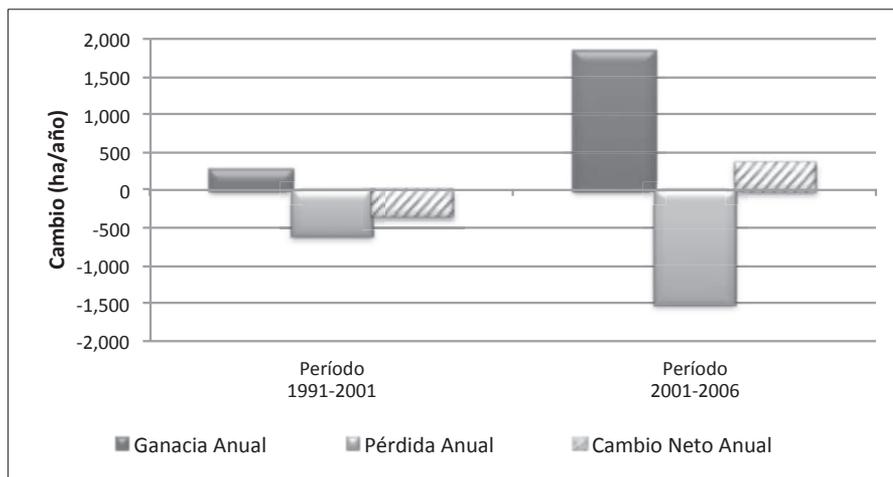
Esas 2,069 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Escuintla, representan una recuperación del 6.46% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Escuintla es de 347 ha/año, equivalente al 1.08% del bosque existente en el año 2001.

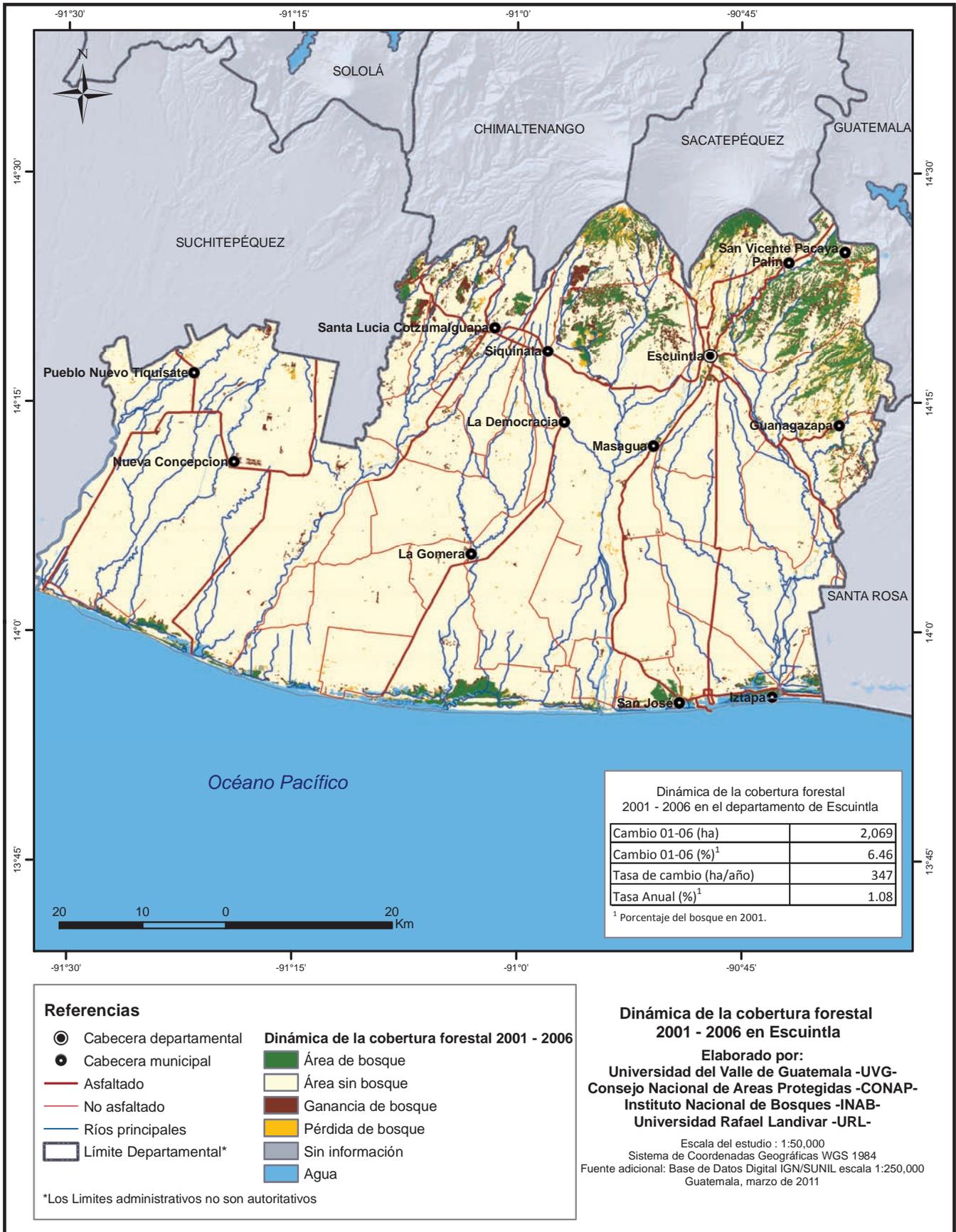
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 23 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Escuintla en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 23. Tendencia de la dinámica forestal de Escuintla durante los dos períodos.





5.4.7 Guatemala

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Guatemala en el período 2001 contaba con 69,365 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 64,000 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 14,802 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 9,437 ha resultando en una pérdida neta de 5,365 ha de bosque.

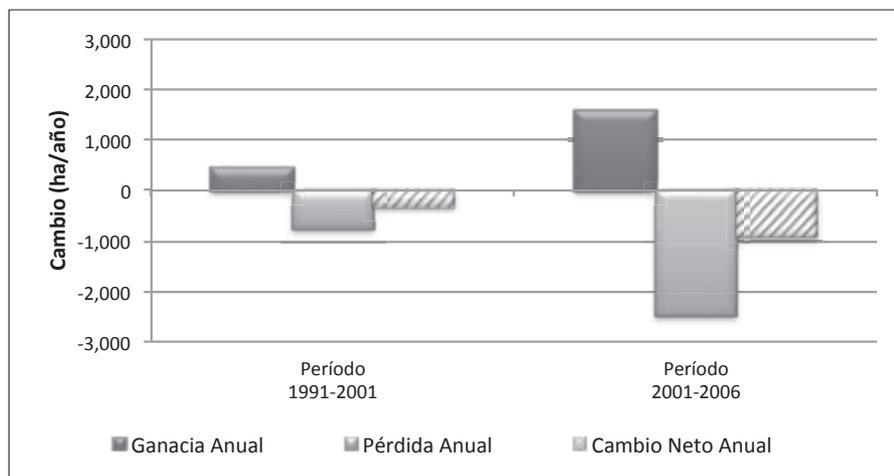
Esas 5,365 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Guatemala, representan una disminución del 7.73% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Guatemala es de 900 ha/año, equivalente al 1.3% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 segundo período (2001-2006), superando en 606 ha/año al primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 24 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Guatemala en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 24. Tendencia de la dinámica forestal de Guatemala durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Guatemala

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.8 Huehuetenango

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Huehuetenango en el período 2001 contaba con 219,957 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 235,291 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 21,553 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 36,887 ha resultando en una ganancia neta de 15,334 ha de bosque.

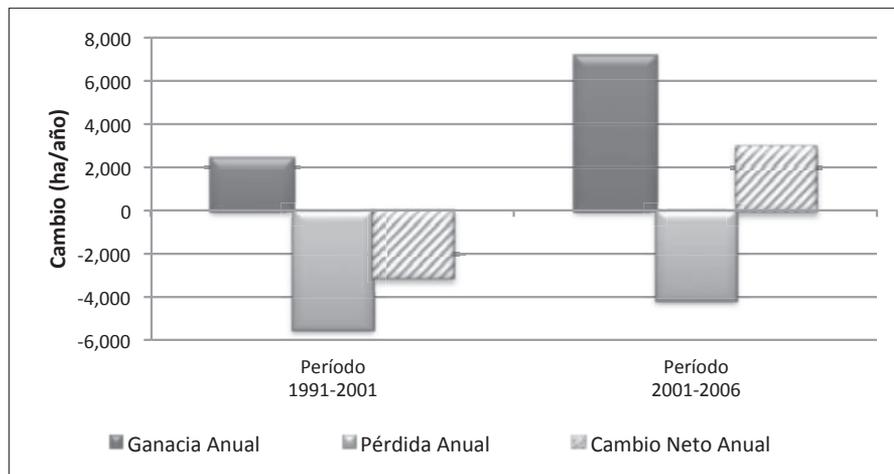
Esas 15,334 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Huehuetenango, representan una recuperación del 6.97% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Huehuetenango es de 2,954 ha/año, equivalente al 1.34% del bosque existente en el año 2001.

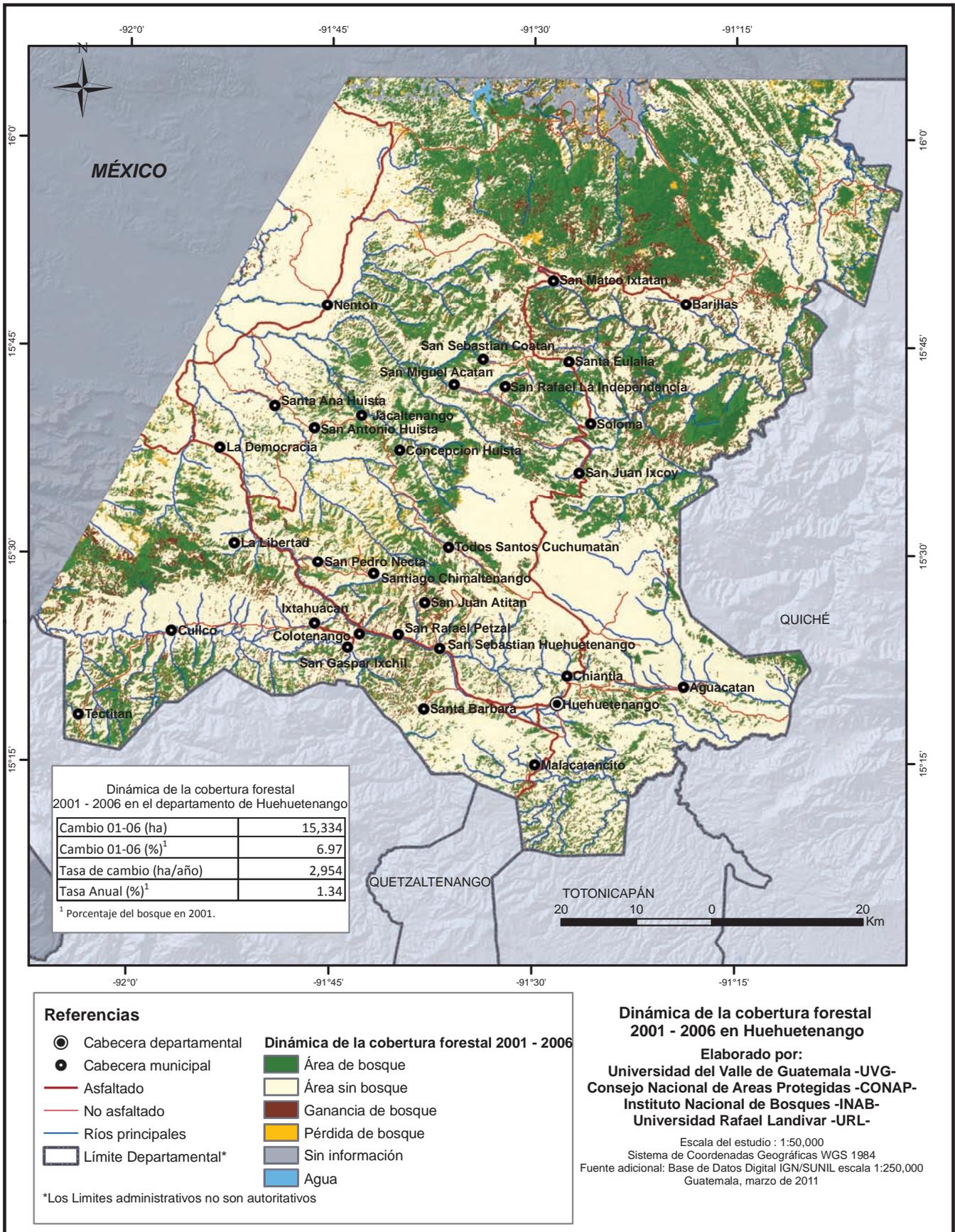
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 25 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Huehuetenango en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 25. Tendencia de la dinámica forestal de Huehuetenango durante los dos períodos.





5.4.9 Izabal

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Izabal en el período 2001 contaba con 289,714 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 246,127 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 53,278 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 9,692 ha resultando en una pérdida neta de 43,587 ha de bosque.

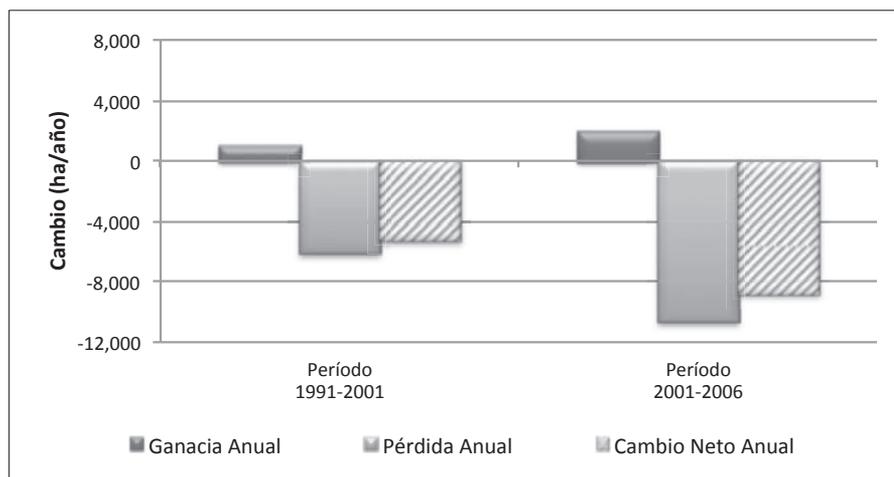
Esas 43,587 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Izabal, representan una disminución del 15.04% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Izabal es de 8,735 ha/año, equivalente al 3.01% del bosque existente en el año 2001.

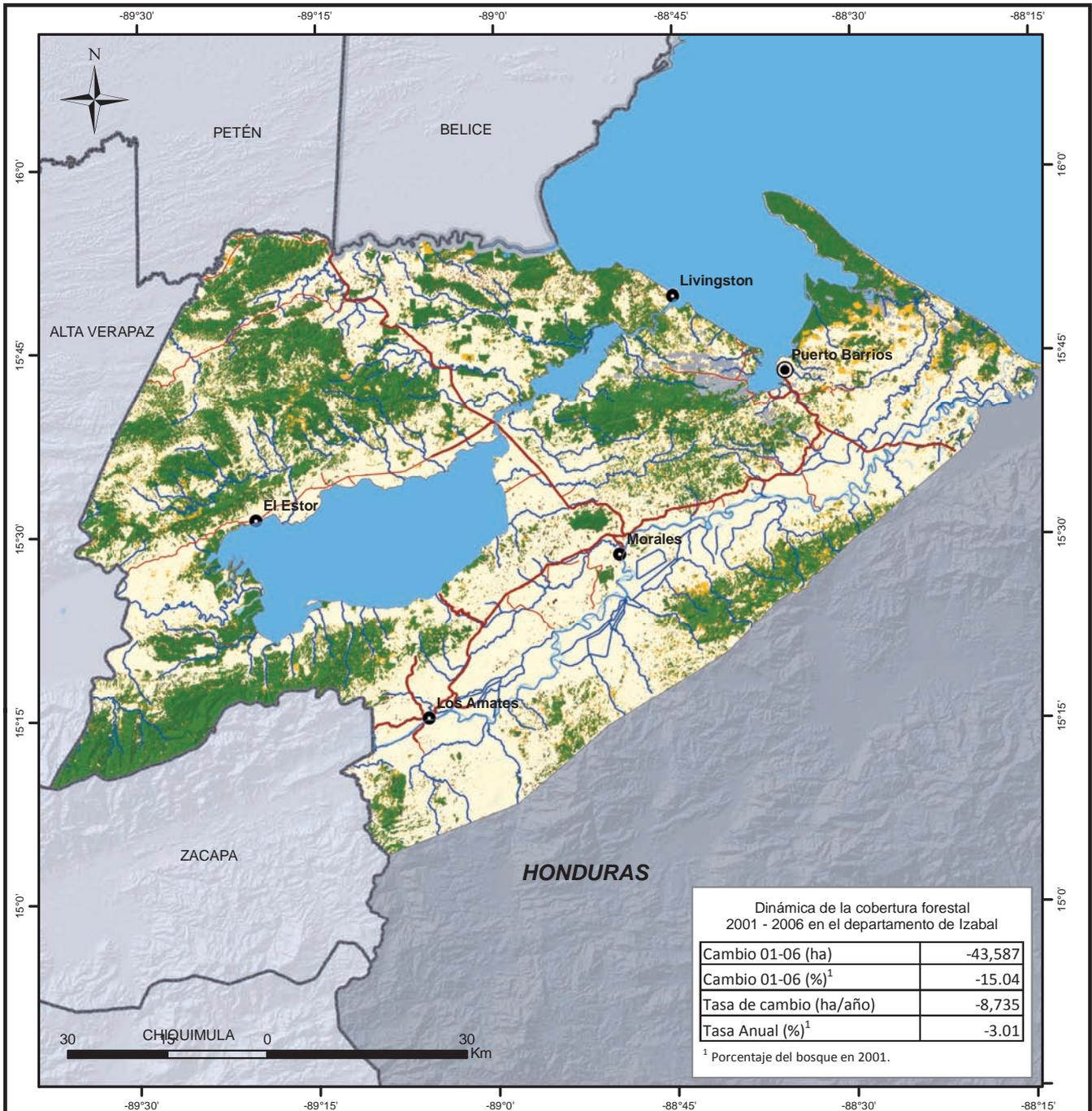
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 segundo período (2001-2006), superando en 3,538 ha/año al primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 26 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Izabal en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 26. Tendencia de la dinámica forestal de Izabal durante los dos períodos.





Referencias

- ⊙ Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Áreas de bosque
- Áreas sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Izabal

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.10 Jalapa

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Jalapa en el período 2001 contaba con 26,112 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 23,159 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 7,286 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,333 ha resultando en una pérdida neta de 2,953 ha de bosque.

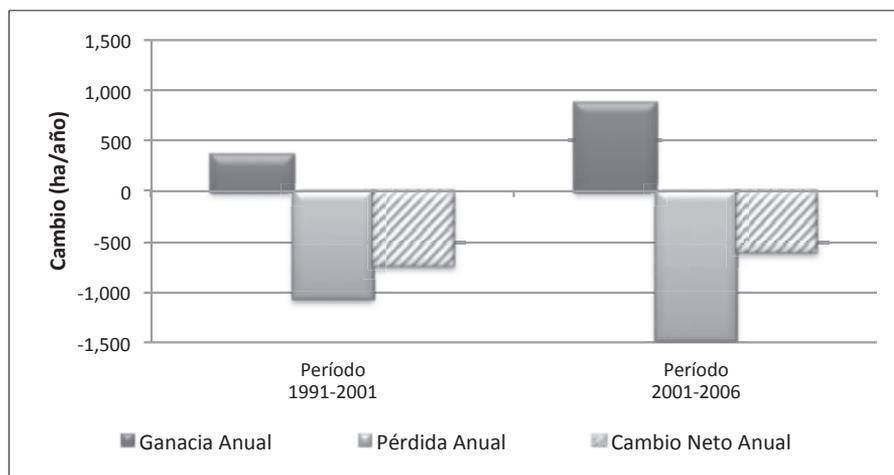
Esas 2,953 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Jalapa, representan una disminución del 11.31% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Jalapa es de 594 ha/año, equivalente al 2.27% del bosque existente en el año 2001.

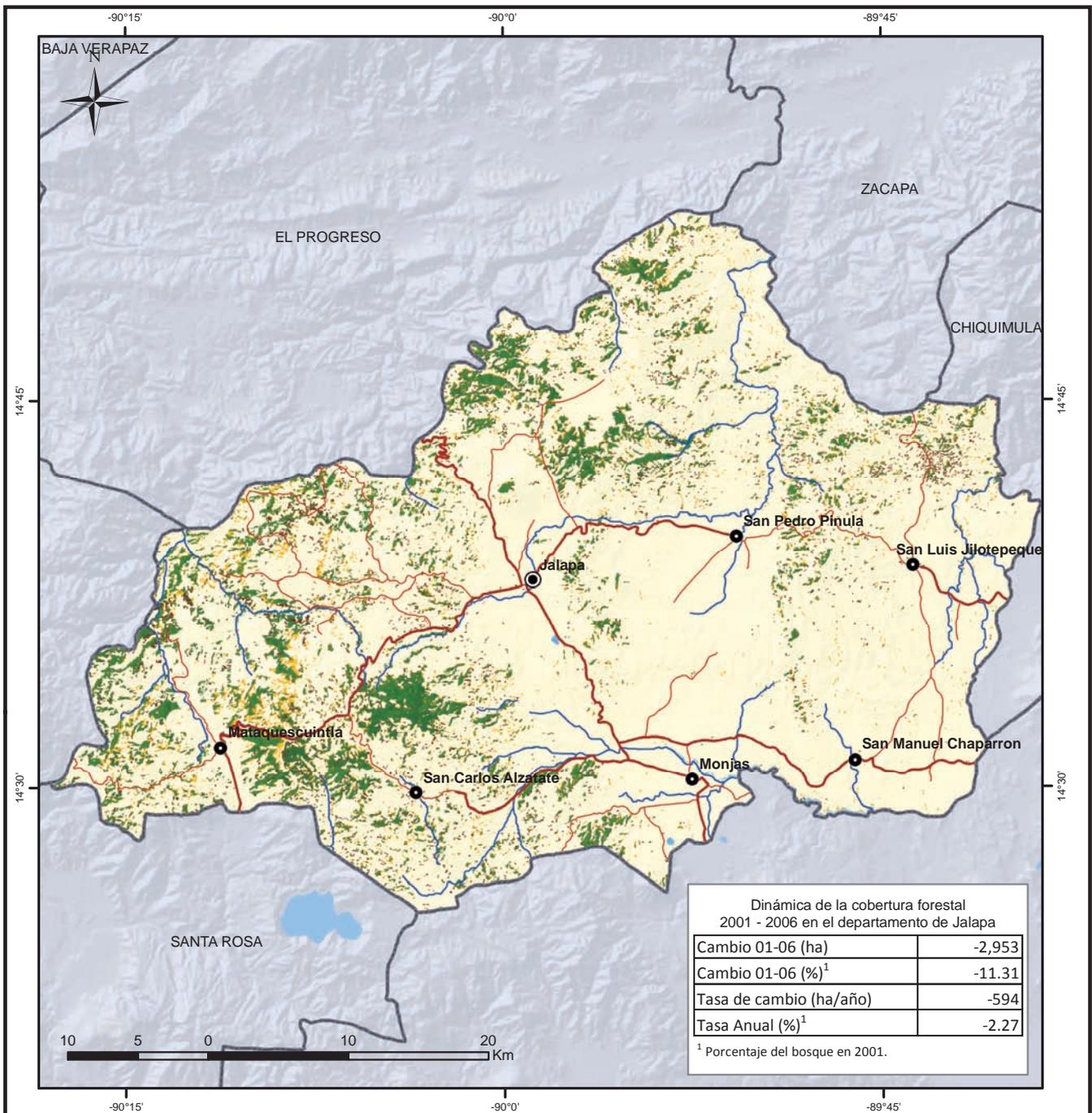
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 27 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jalapa en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 27. Tendencia de la dinámica forestal de Jalapa durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Jalapa

Elaborado por:
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-**

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.11 Jutiapa

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Jutiapa en el período 2001 contaba con 18,136 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 15,676 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 6,657 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,197 ha resultando en una pérdida neta de 2,460 ha de bosque.

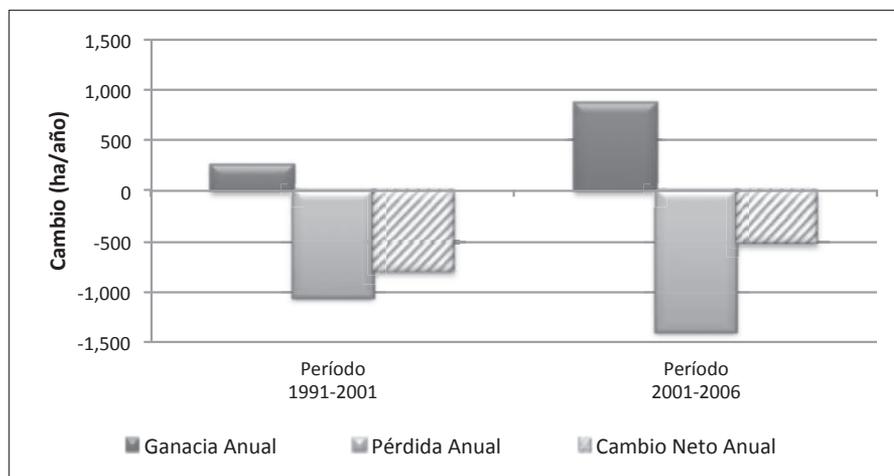
Esas 2,460 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Jutiapa, representan una disminución del 13.56% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Jutiapa es de 511 ha/año, equivalente al 2.82% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 267 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 28 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jutiapa en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 28. Tendencia de la dinámica forestal de Jutiapa durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Jutiapa

Elaborado por:
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-**

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.12 Petén

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Petén en el período 2001 contaba con 2,192,096 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 1,923,494 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 306,169 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 37,567 ha resultando en una pérdida neta de 268,602 ha de bosque.

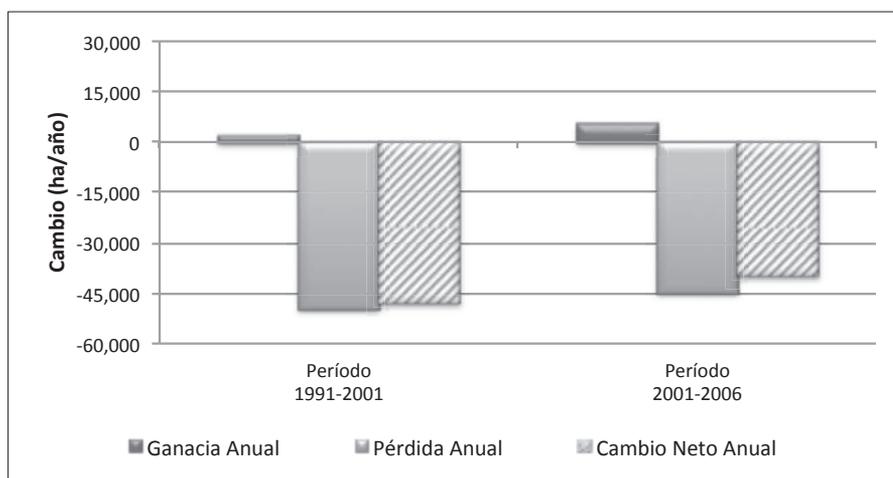
Esas 268,602 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Petén, representan una disminución del 12.25% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Petén es de 39,168 ha/año, equivalente al 1.79% del bosque existente en el año 2001.

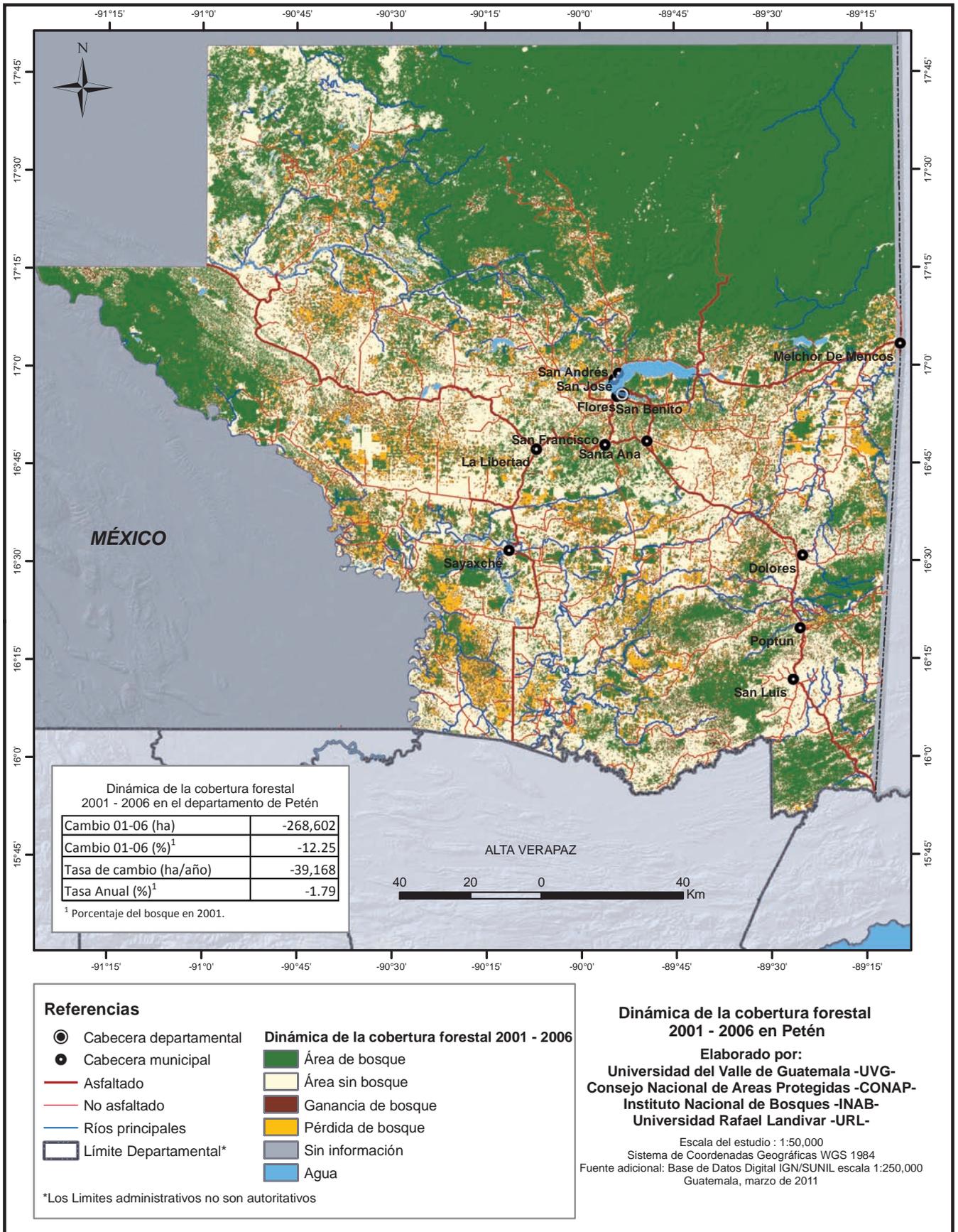
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 8,244 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 29 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Petén en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 29. Tendencia de la dinámica forestal de Petén durante los dos períodos.





5.4.13 Quetzaltenango

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Quetzaltenango en el período 2001 contaba con 55,346 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 55,730 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 8,533 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 8,916 ha resultando en una ganancia neta de 383 ha de bosque.

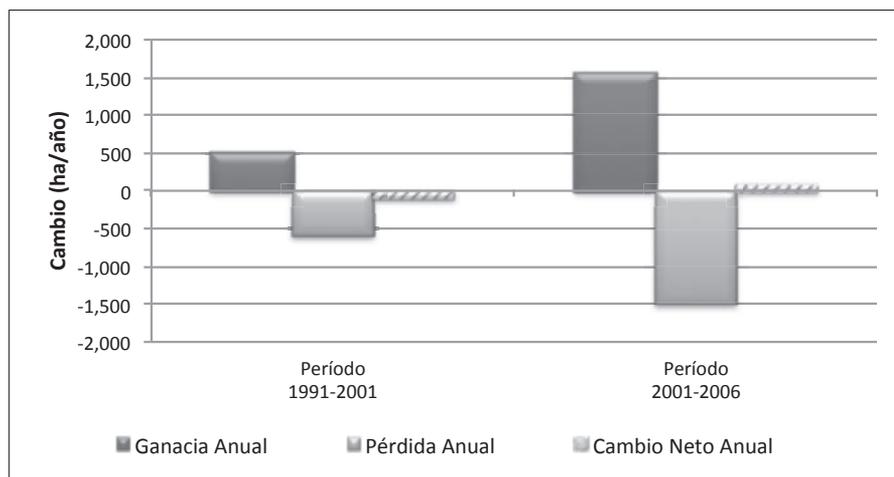
Esas 383 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Quetzaltenango, representan una recuperación del 0.69% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Quetzaltenango es de 67 ha/año, equivalente al 0.12% del bosque existente en el año 2001.

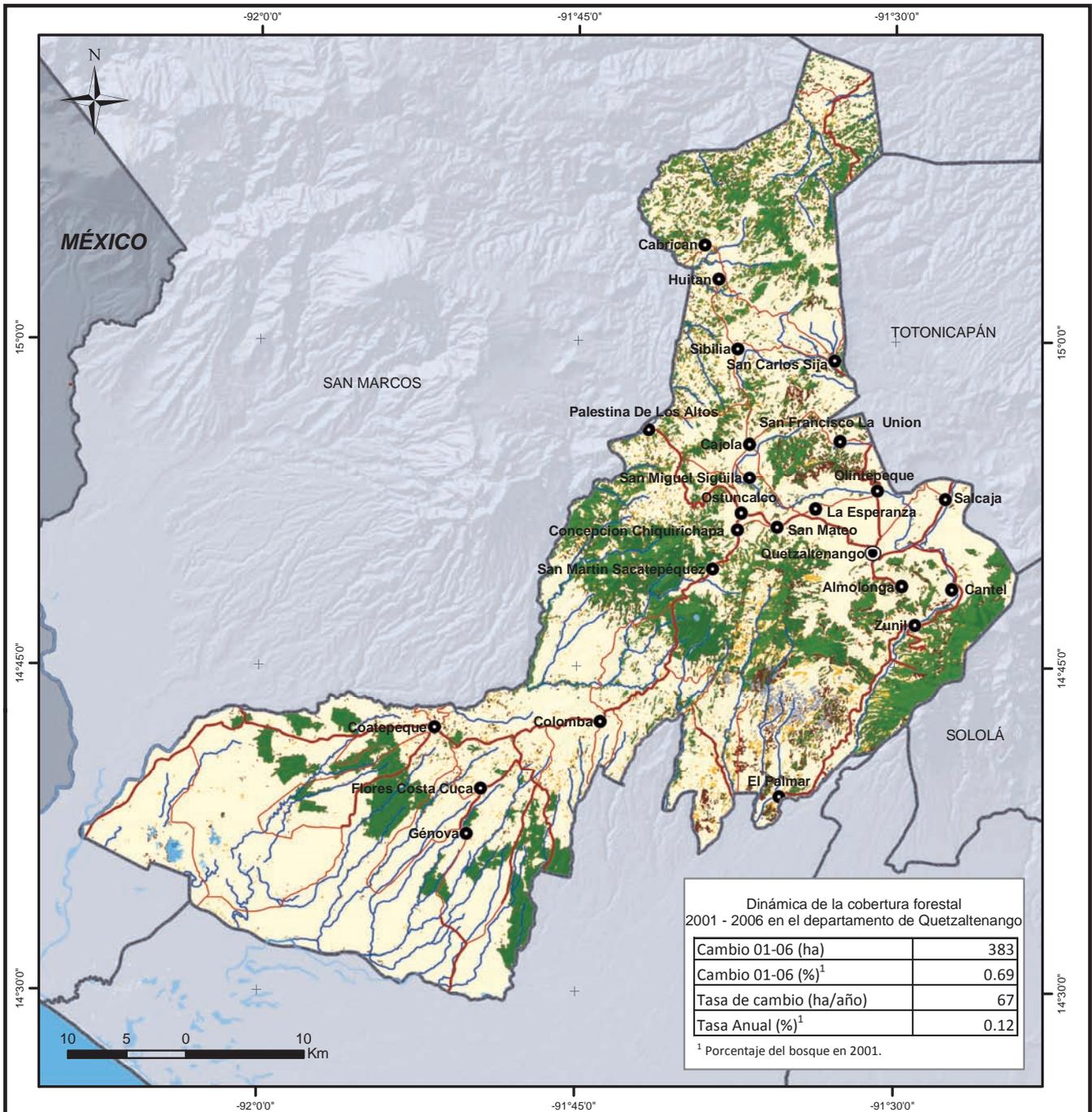
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 30 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quetzaltenango en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 30. Tendencia de la dinámica forestal de Quetzaltenango durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Quetzaltenango

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.14 Quiché

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Quiché en el período 2001 contaba con 276,267 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 276,255 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 29,858 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 29,846 ha resultando en una pérdida neta de 11 ha de bosque.

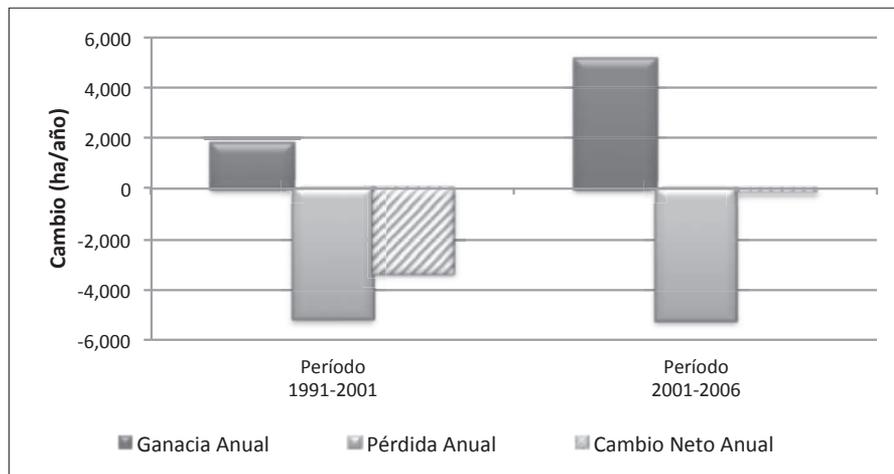
Esas 11 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Quiché, representan una disminución del 0.004 % del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Quiché es de 2 ha/año, equivalente al 0.0007% del bosque existente en el año 2001.

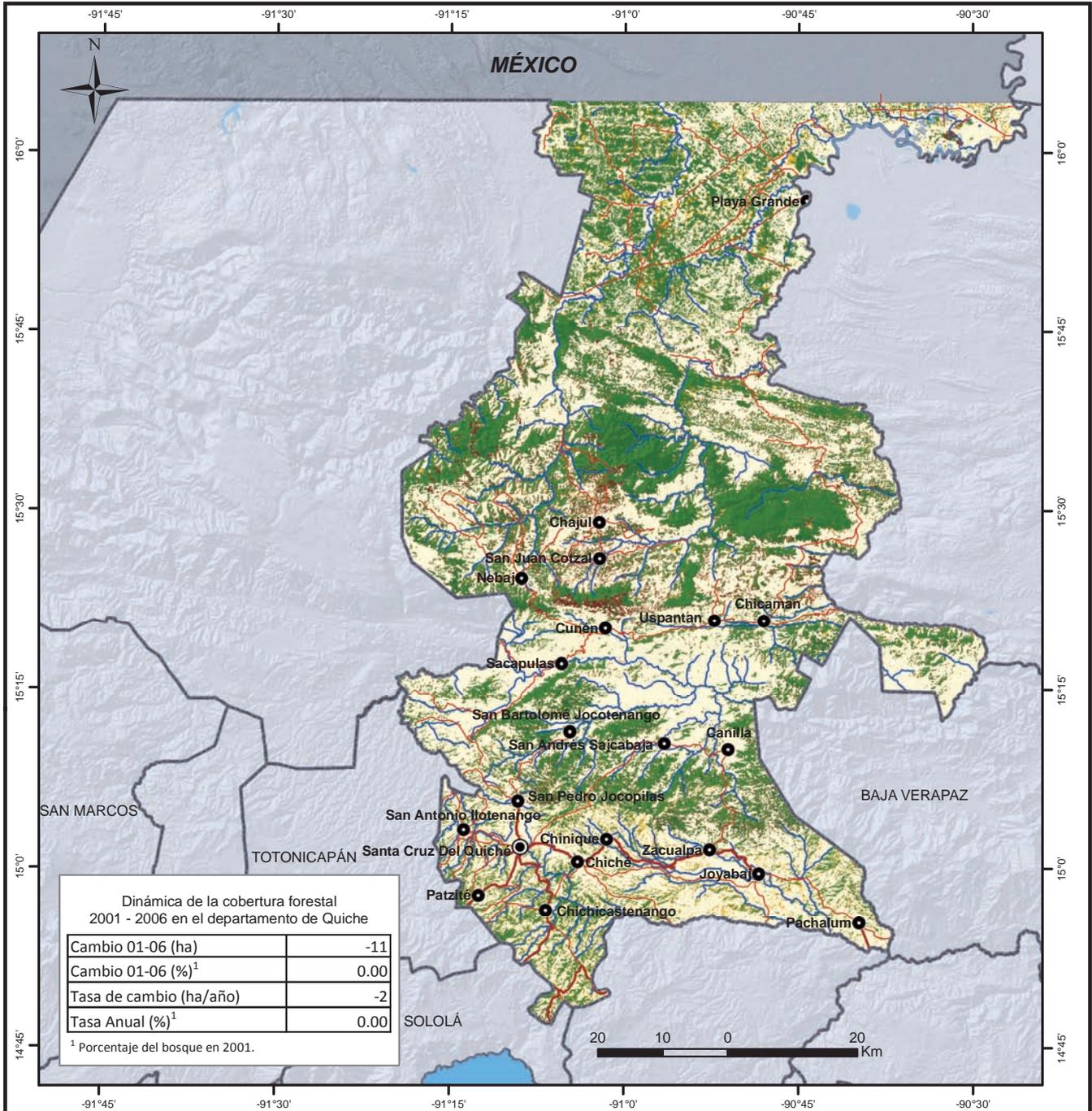
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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), superando en 3,299 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada recuperación del bosque.

En la Figura 31 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quiché en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 31. Tendencia de la dinámica forestal de Quiché durante los dos períodos.





Dinámica de la cobertura forestal
2001 - 2006 en el departamento de Quiché

Cambio 01-06 (ha)	-11
Cambio 01-06 (%) ¹	0.00
Tasa de cambio (ha/año)	-2
Tasa Anual (%) ¹	0.00

¹ Porcentaje del bosque en 2001.

Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal
2001 - 2006 en Quiché**

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.15 Retalhuleu

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Retalhuleu en el período 2001 contaba con 13,918 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 14,347 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 3,029 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 3,459 ha resultando en una ganancia neta de 429 ha de bosque.

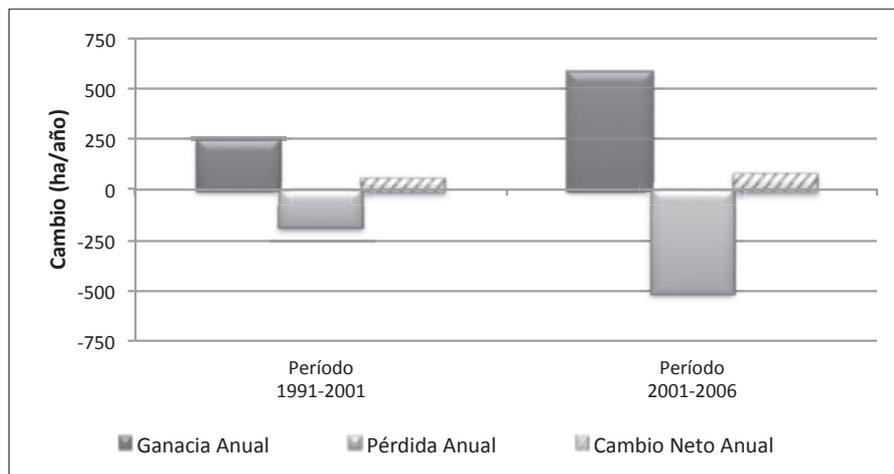
Esas 429 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Retalhuleu, representan una recuperación del 3.09% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Retalhuleu es de 72 ha/año, equivalente al 0.52% del bosque existente en el año 2001.

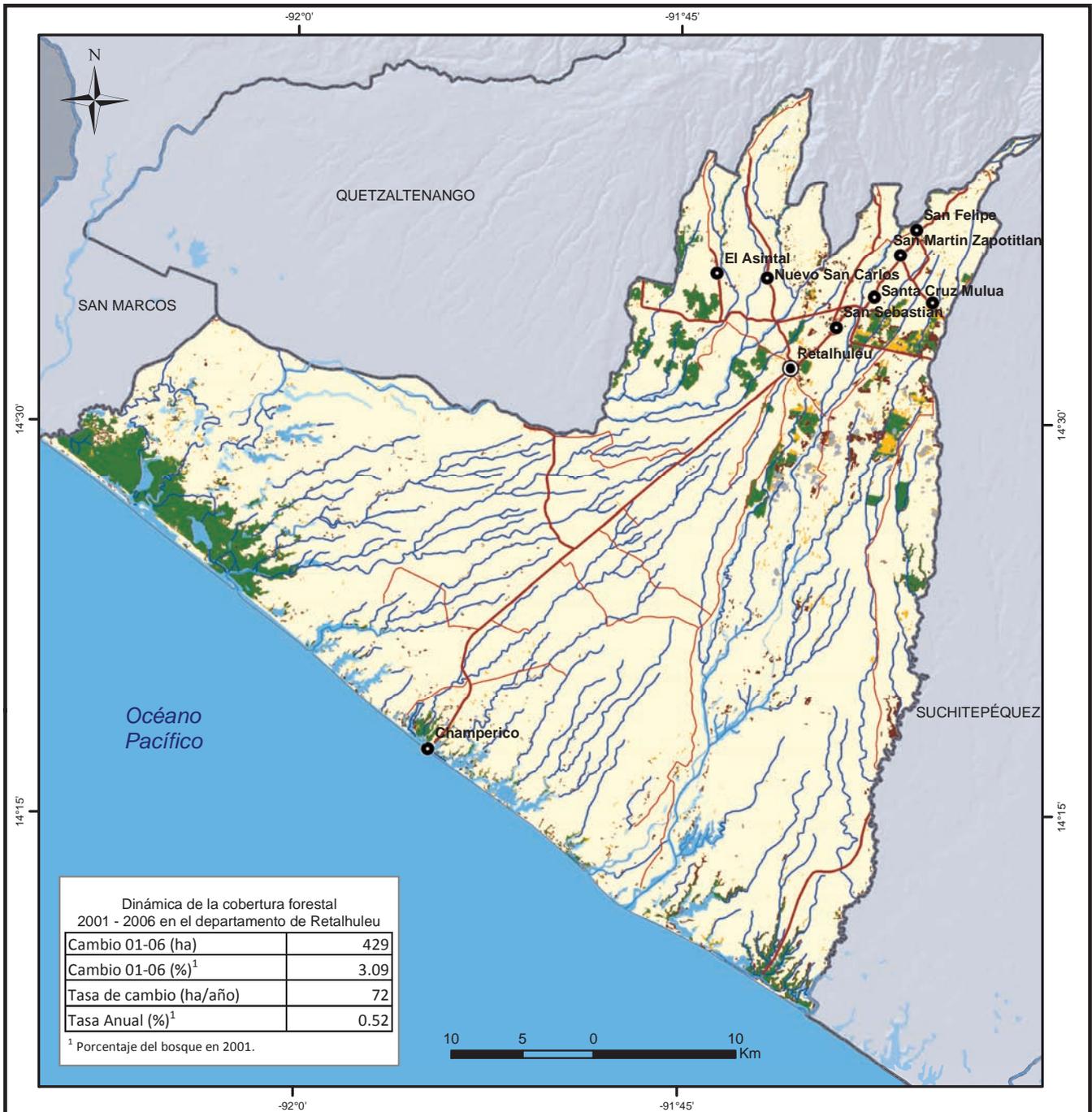
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 ganancia de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 14 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada recuperación del bosque.

En la Figura 32 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Retalhuleu en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 32. Tendencia de la dinámica forestal de Retalhuleu durante los dos períodos.





Referencias

- ⊙ Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal
2001 - 2006 en Retalhuleu**

Elaborado por:
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-**

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.16 Sacatepéquez

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Sacatepéquez en el período 2001 contaba con 19,037 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 20,963 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 2,555 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,481 ha resultando en una ganancia neta de 1,927 ha de bosque.

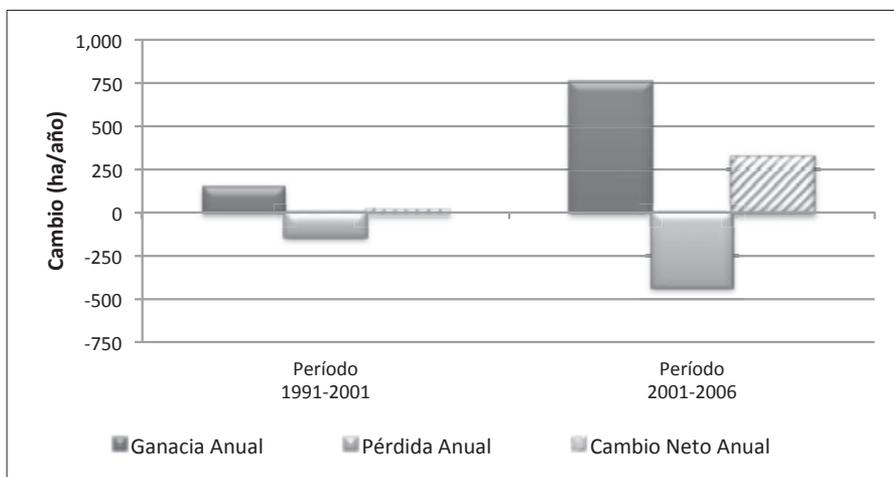
Esas 1,927 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Sacatepéquez, representan una recuperación del 10.12% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Sacatepéquez es de 323 ha/año, equivalente al 1.7% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 ganancia de bosques ocurrió en el primer período (1991-2001), superando en 316 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada recuperación del bosque.

En la Figura 33 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sacatepéquez en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 33. Tendencia de la dinámica forestal de Sacatepéquez durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Sacatepéquez

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.17 San Marcos

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de San Marcos en el período 2001 contaba con 84,667 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 83,712 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001 - 2006, hubo una pérdida de 15,726 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 14,772 ha resultando en una pérdida neta de 954 ha de bosque.

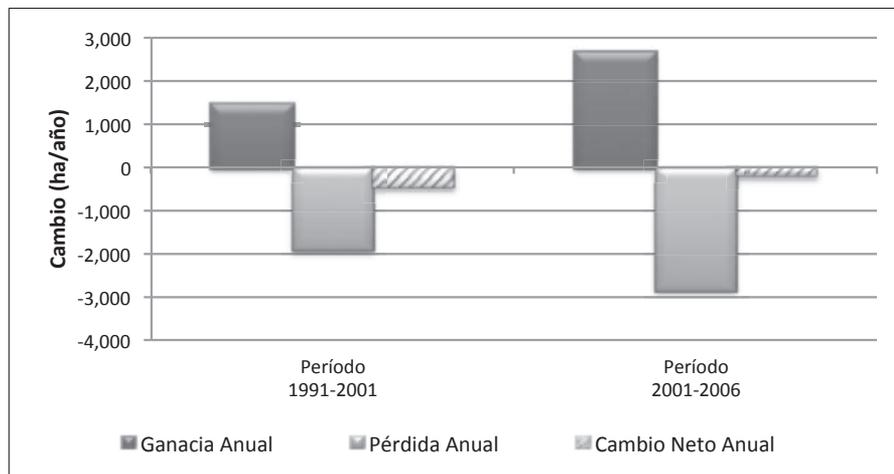
Esas 954 hectáreas de pérdida neta para el departamento de San Marcos, representan una disminución del 1.13% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de San Marcos es de 172 ha/año, equivalente al 0.20% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 286 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una pérdida del bosque.

En la Figura 34 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de San Marcos en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 34. Tendencia de la dinámica forestal de San Marcos durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Áreas de bosque
- Áreas sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en San Marcos

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.18 Santa Rosa

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Santa Rosa en el período 2001 contaba con 48,350 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 49,448 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 14,992 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 16,091 ha resultando en una ganancia neta de 1,098 ha de bosque.

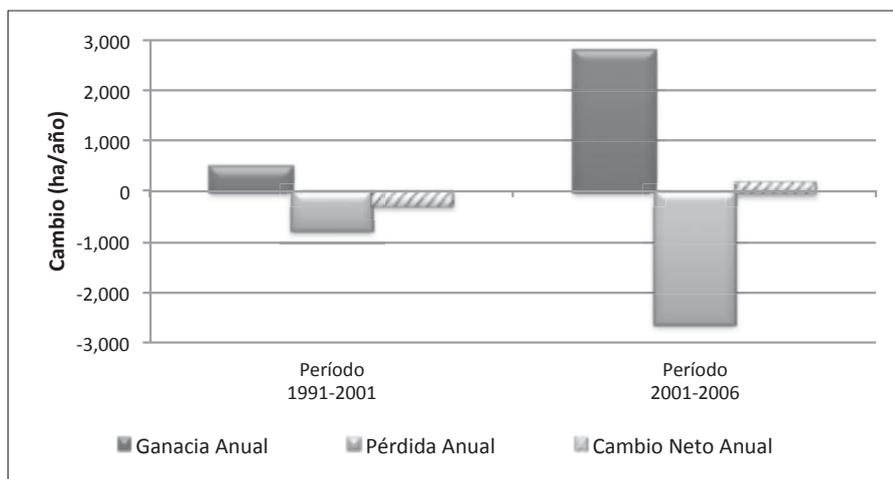
Esas 1,098 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Santa Rosa, representan una recuperación del 2.27% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Santa Rosa es de 191 ha/año, equivalente al 0.4% del bosque existente en el año 2001.

B. Tendencia del proceso de 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 solamente hubo pérdida de bosques en el primer período (1991-2001). En este departamento se muestra una recuperación del bosque.

En la Figura 35 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Santa Rosa en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 35. Tendencia de la dinámica forestal de Santa Rosa durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Santa Rosa

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.19 Sololá

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Sololá en el período 2001 contaba con 36,112 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 39,766 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 6,208 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 9,862 ha resultando en una ganancia neta de 3,654 ha de bosque.

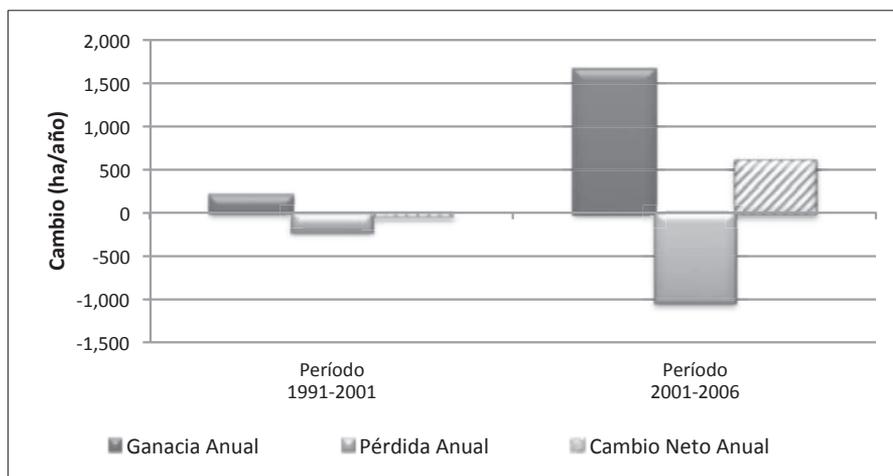
Esas 3,654 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Sololá, representan una recuperación del 10.12% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Sololá es de 613 ha/año, equivalente al 1.7% del bosque existente en el año 2001.

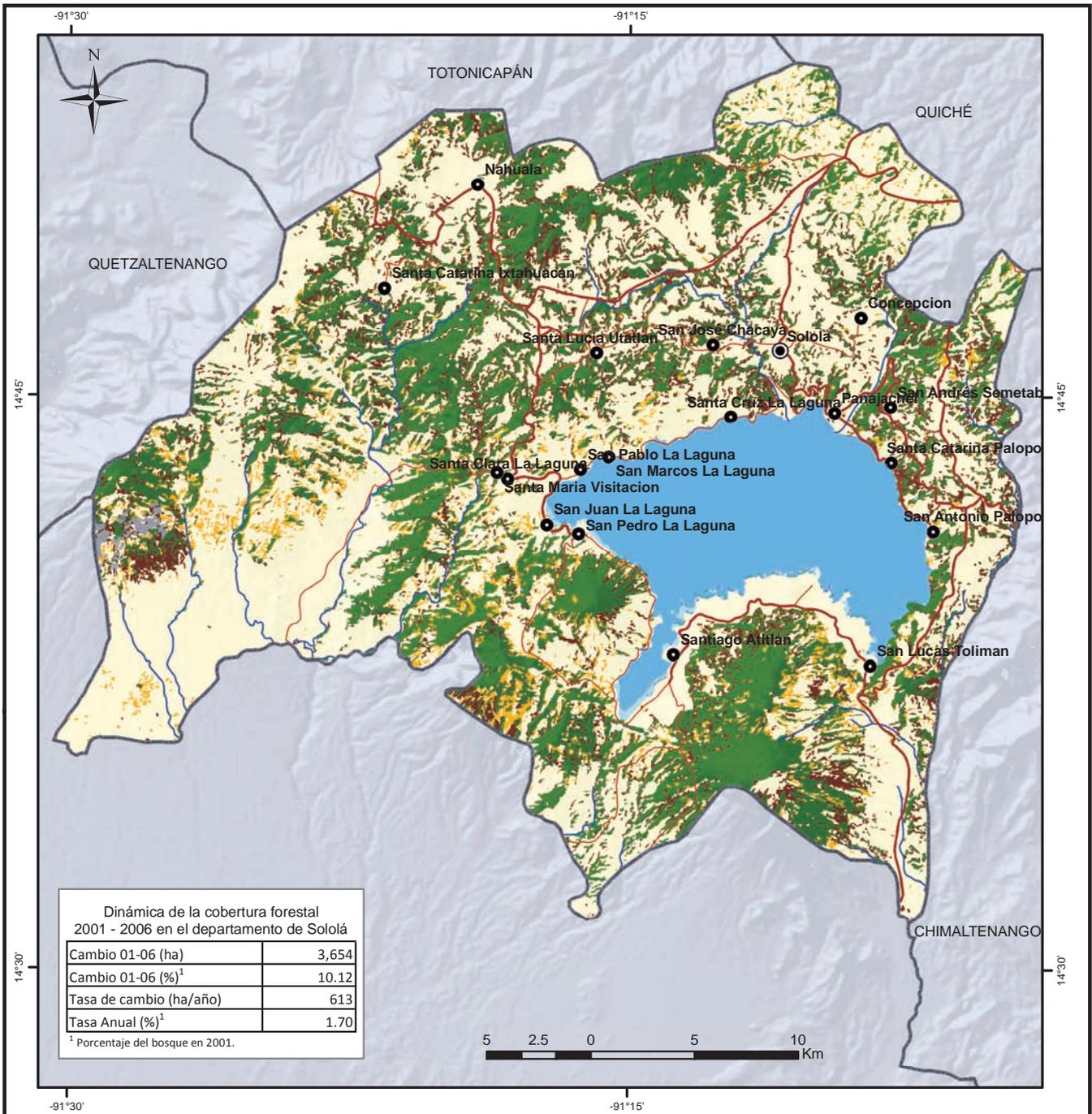
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 36 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sololá en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 36. Tendencia de la dinámica forestal de Sololá durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Sololá

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.20 Suchitepéquez

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Suchitepéquez en el período 2001 contaba con 20,524 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 29,528 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 6,468 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 15,472 ha resultando en una ganancia neta de 9,004 ha de bosque.

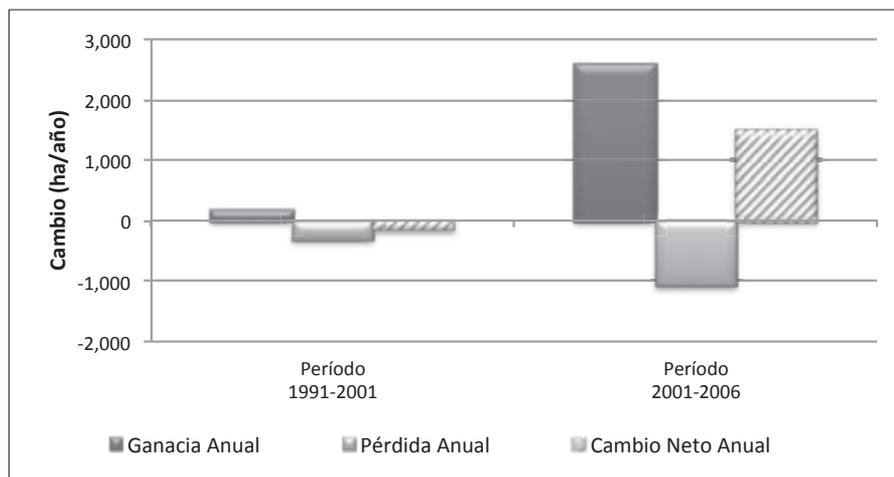
Esas 9,004 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Suchitepéquez, representan una recuperación del 43.87% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Suchitepéquez es de 1,511 ha/año, equivalente al 7.36% del bosque existente en el año 2001.

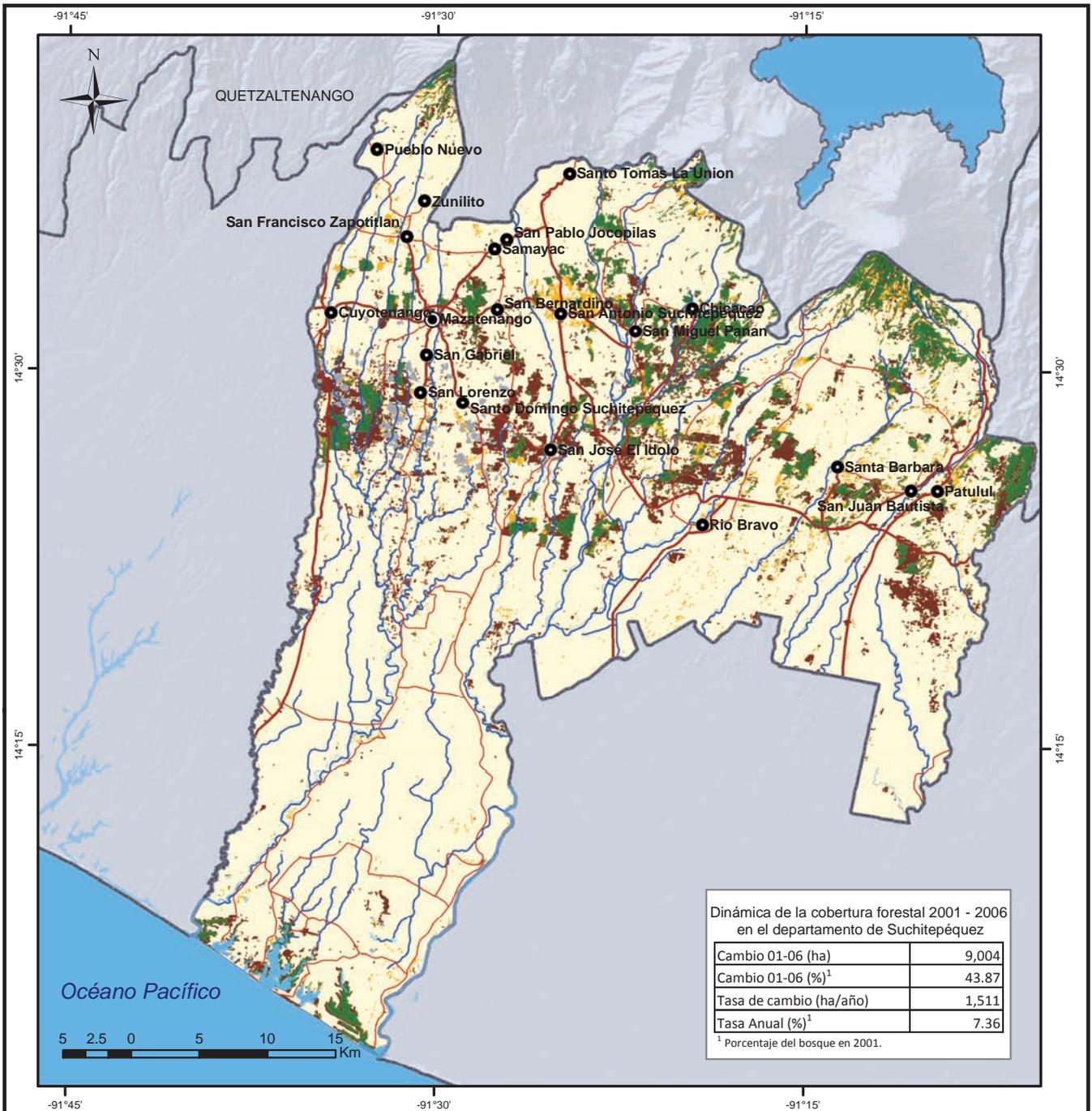
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 37 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Suchitepéquez en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 37. Tendencia de la dinámica forestal de Suchitepéquez durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Suchitepéquez

Elaborado por:
Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.21 Totonicapán

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Totonicapán en el período 2001 contaba con 38,402 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 40,940 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 3,079 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 5,617 ha; resultando en una ganancia neta de 2,538 ha de bosque.

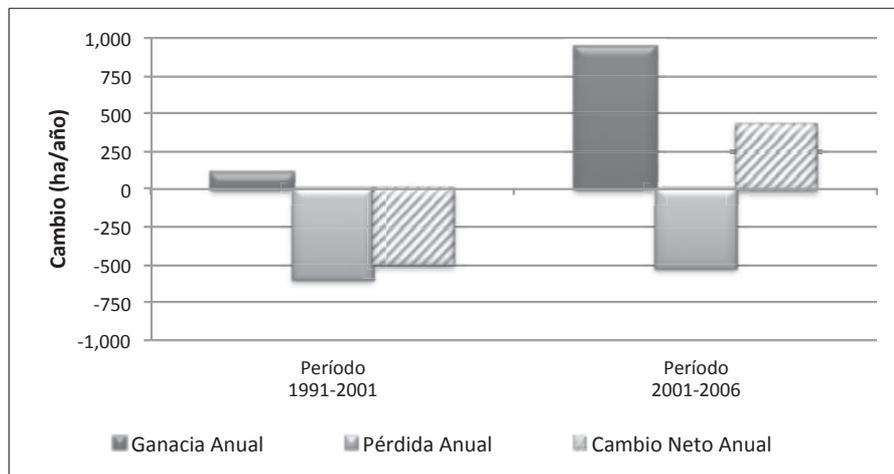
Esas 2,538 hectáreas de ganancia neta para el departamento de Totonicapán, representan una recuperación del 6.61% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de recuperación para el departamento de Totonicapán es de 427 ha/año, equivalente al 1.11% del bosque existente en el año 2001.

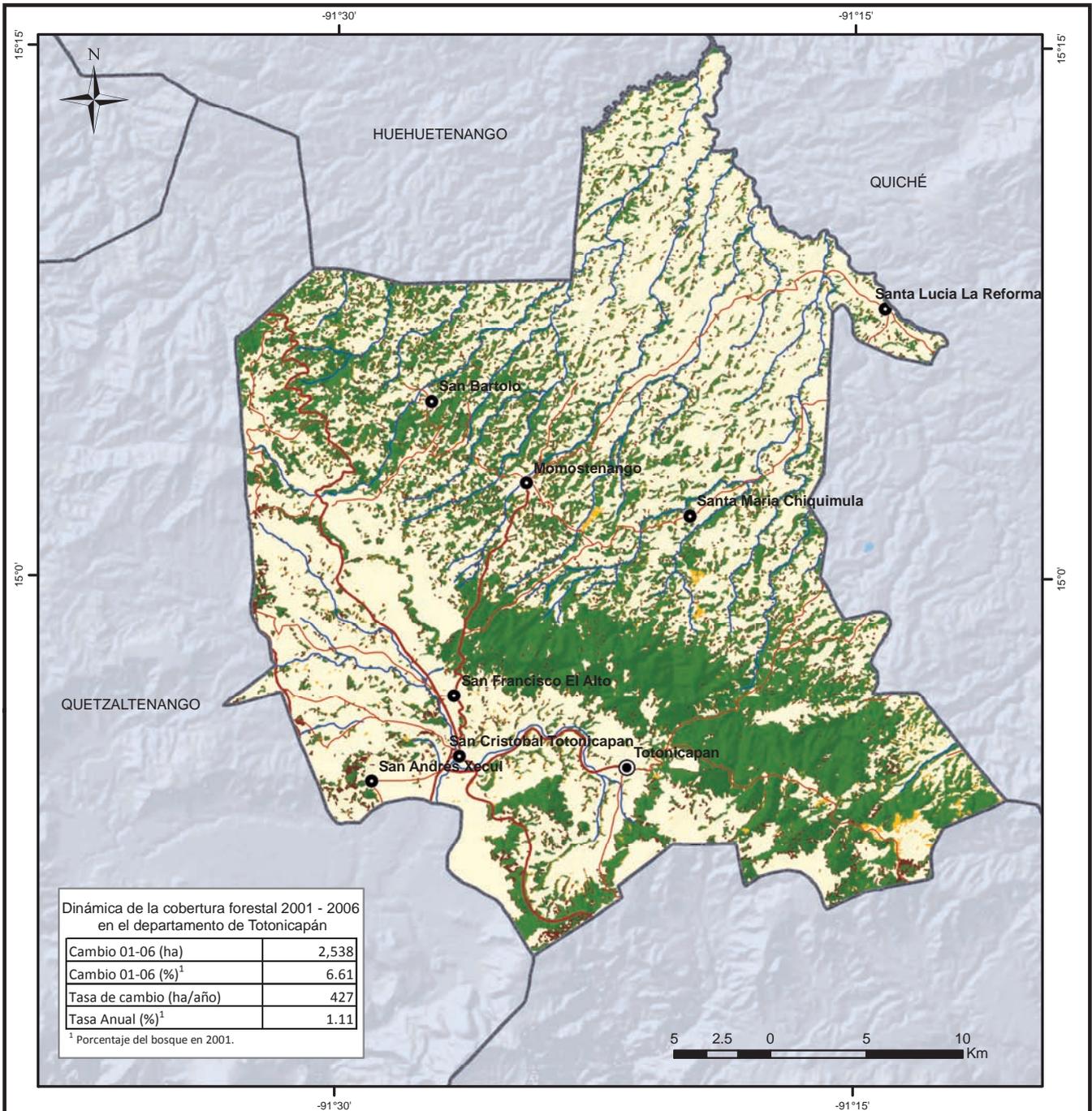
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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

En la Figura 38 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Totonicapán en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 38. Tendencia de la dinámica forestal de Totonicapán durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Totonicapán

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

5.4.22 Zacapa

A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El departamento de Zacapa en el período 2001 contaba con 64,570 ha de bosque. Para el año 2006 se reportó una cobertura forestal de 60,233 ha.

Se pudo determinar que durante el período 2001-2006, hubo una pérdida de 8,738 ha de bosque; sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 4,402 ha resultando en una pérdida neta de 4,336 ha de bosque.

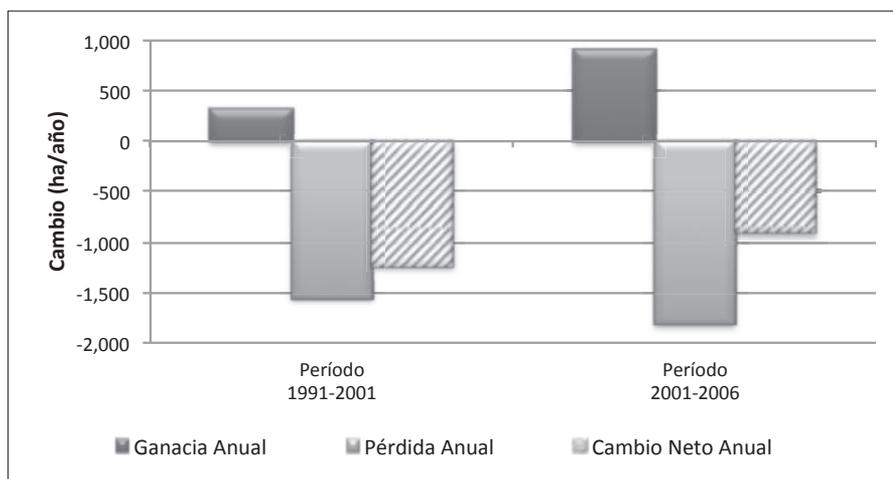
Esas 4,336 hectáreas de pérdida neta para el departamento de Zacapa, representan una disminución del 6.72% del bosque que existía en el período 2001. La tasa de deforestación para el departamento de Zacapa es de 896 ha/año, equivalente al 1.39% del bosque existente en el año 2001.

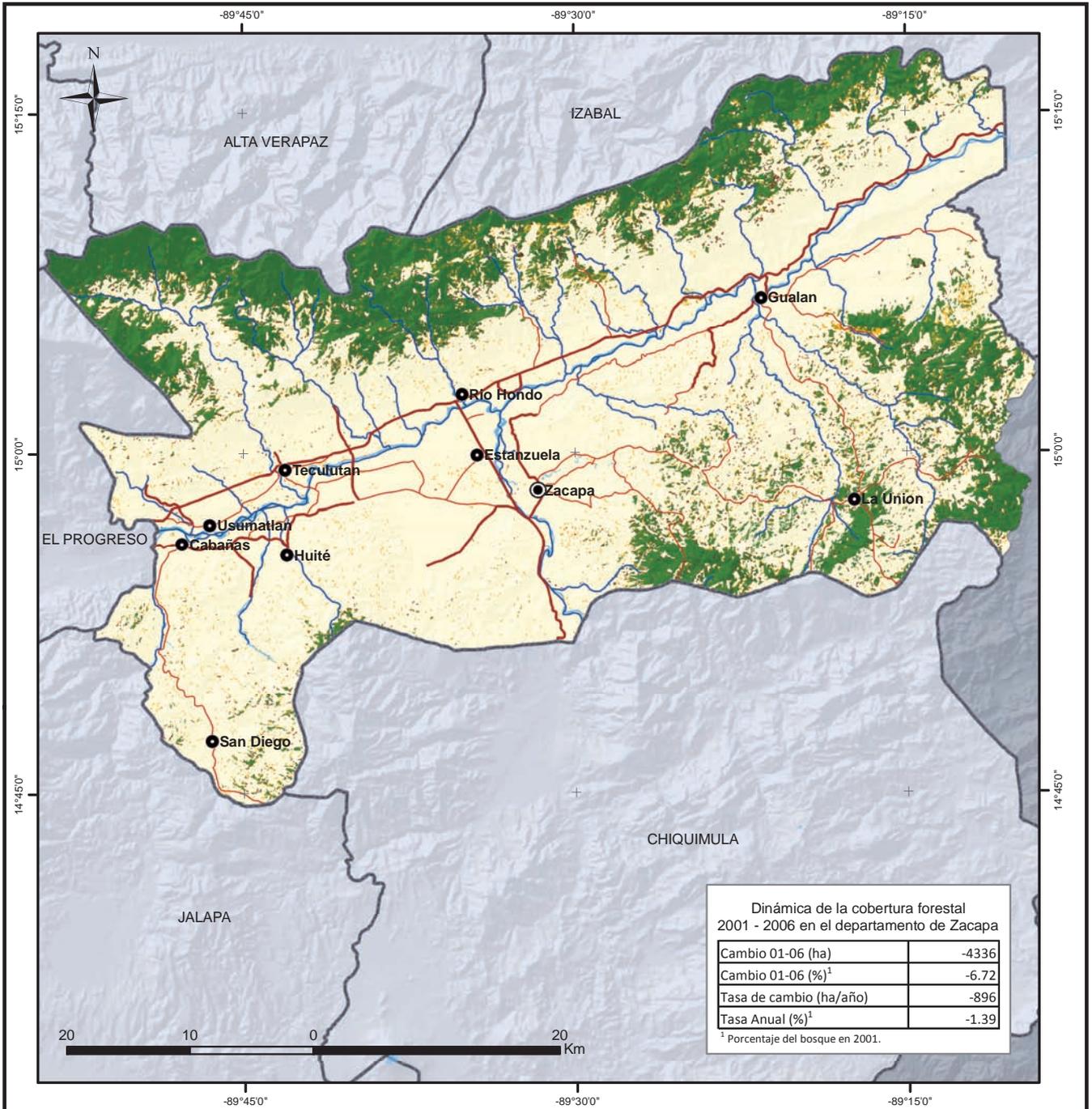
B. Tendencia del proceso de pérdida de bosque

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 330 ha/año al segundo período (2001-2006). En este departamento se muestra una marcada pérdida del bosque.

En la Figura 39 se muestra la dinámica de la cobertura forestal del departamento de Zacapa en cada uno de los dos períodos de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

Figura 39. Tendencia de la dinámica forestal de Zacapa durante los dos períodos.





Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Asfaltado
- No asfaltado
- Ríos principales
- Límite Departamental*

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006

- Área de bosque
- Área sin bosque
- Ganancia de bosque
- Pérdida de bosque
- Sin información
- Agua

*Los Límites administrativos no son autoritativos

Dinámica de la cobertura forestal 2001 - 2006 en Zacapa

Elaborado por:
 Universidad del Valle de Guatemala -UVG-
 Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP-
 Instituto Nacional de Bosques -INAB-
 Universidad Rafael Landívar -URL-

Escala del estudio : 1:50,000
 Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984
 Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000
 Guatemala, marzo de 2011

6. ANÁLISIS DE ERROR DE LOS RESULTADOS

La evaluación de la exactitud de un mapa temático, como los mapas realizados en este proyecto, se basa en la comparación de los datos de cobertura obtenidos mediante los procesos de clasificación con datos reales de la cobertura terrestre.

Los datos reales pueden ser obtenidos mediante visitas de campo, o mediante fotografías aéreas con sensores ópticos de alta resolución. Cuando se elabora un mapa temático con más de un año de antigüedad, resulta imposible obtener información de campo para la cobertura terrestre, por lo que la única opción son los datos geográficos de alta resolución disponibles.

Para el año 2006 se contó con las ortofotos que cubren la totalidad del país, con una resolución de 0.60 x 0.60 m. En el caso del año 2001, se contaba con un grupo de imágenes de satélite del sensor IRS, que cubrían alrededor del 85% del territorio nacional.

La evaluación se realizó con el apoyo técnico del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, institución que al ser un ente independiente al proceso de generación del mapa, podía fungir como evaluador.

Las evaluaciones consistieron en la clasificación de 2,000 puntos de control por parte de técnicos del MARN proveniente del grupo de puntos de evaluación ya clasificado por instituciones ejecutoras a partir de ortofotos 2006 (la información de la clasificación de tales puntos no fue entregada a los técnicos de MARN). La cantidad de puntos disponibles (Grupo 3), según se indicó en la sección de metodología, era de 10,000 puntos para 2006 y 7,500 puntos para 2001 (Ver Figuras 8 y 9). Se evaluaron únicamente 2,000 puntos para cada año por limitantes de tiempo, aunque se consideró que tal muestra era representativa para que las evaluaciones tuviesen una confiabilidad suficiente. Estos 2,000 puntos fueron clasificados a partir de ortofotos 2006 e imágenes IRS 2001.

Dado que estos 2,000 puntos, provenientes del grupo 3 de puntos de control no eran completamente aleatorios al haberse eliminado puntos no válidos del grupo original, se realizó la generación de un nuevo grupo único de 1,000 puntos, completamente aleatorios, para ser clasificados a partir de ortofotos 2006.

Al apreciar la consistencia entre los puntos aleatorios únicos contra los correspondientes al grupo 3 de evaluación, se observó que no sería necesario repetir el proceso de puntos aleatorios únicos para el año 2001.

Para el año 2006, la consistencia en las clasificaciones de los mismos puntos sobre las ortofotos entre el MARN y las instituciones ejecutoras fue del 92%. Este es un indicador de la reproducibilidad de la metodología en lo que respecta a clasificación de puntos a partir de ortofotos.

El cálculo del error de los mapas, se obtuvo al sobreponer la clasificación de los puntos clasificados por técnicos del MARN a partir de ortofotos 2006 sobre el mapa de cobertura forestal 2006. Para el año 2001 se replicó este proceso sobreponiendo los puntos a partir de imágenes IRS 2001 sobre el mapa de cobertura forestal 2001.

El Cuadro 6 indica los valores de coincidencia obtenidos para cada mapa según el grupo de puntos utilizado para la evaluación. Estos valores representan la exactitud de los dos mapas elaborados al ser comparados contra sensores de alta resolución.

Cuadro 6. Porcentaje de coincidencia entre la clasificación de puntos de control en sensores de alta resolución y los mapas generados en este proyecto.

Grupo de puntos	Año	Coincidencia (%)	Diferencia (%)
Evaluación (Set 3)	2006	92	8
Evaluación (Set 3)	2001	82	18
1000 ptos. aleatorios	2006	93	7

Según estos datos, se puede observar que el porcentaje de error para el mapa de cobertura forestal 2001, es relativamente alto, con un 18% de error a partir de los puntos clasificados sobre imágenes IRS. Revisiones a la metodología y procedimientos permitieron apreciar que las imágenes IRS, pese a que técnicamente pueden ser consideradas de alta resolución (la resolución de un pixel de estas imágenes es de 5 x 5 m), no permiten una clara visualización de la cobertura terrestre, como es el caso de las ortofotos. Se considera entonces que ésta fue la principal fuente de diferencia entre estas clasificaciones. Idealmente, se debería usar un sensor de más alta resolución (1 x 1 m) para hacer esta comprobación de exactitud, pero no hay datos de esta resolución disponibles para todo el país.

Pese al elevado margen de error posible, al ser un esfuerzo de escala nacional, y siendo el mapa 2001 consistente con mapas ya publicados para ese año, se puede considerar que ésta cifra no representa un valor que deba ocasionar duda con respecto a la consistencia del mapa 2001.

La alta coincidencia del mapa 2006 con los puntos evaluados en ortofotos indica que el procedimiento de clasificación y revisión funcionó adecuadamente. Las principales áreas de diferencia entre ambos mapas se dieron en áreas con cobertura ambigua como cafetales o vegetación muy seca caducifolia.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se estimó que la Cobertura Forestal de la República de Guatemala para el año 2006 era de 3,866,383 hectáreas, lo cual equivale a un 35.5% del territorio Nacional. Para el año 2001 se reportó una cifra revisada de 4,152,051 hectáreas de bosque que corresponde a un 38.1% del país.
- El cambio neto de cobertura forestal a lo largo del período 2001-2006 fue de 285,668 hectáreas. Esto se traduce en una pérdida anual de 48,084 hectáreas. La tasa de cambio para éste período resulta en una pérdida anual que asciende al 1.16% de la cobertura forestal existente al año 2001.
- La pérdida neta de bosque en el país ha disminuido con respecto al período previo (1991-2001). Esto ocurre no porque haya menos deforestación; de hecho la deforestación aumento de 93,127 ha/año a 101,852 ha/año entre los dos períodos considerados. Ocurre porque hay un aumento relativamente alto en regeneración/reforestación, de 19,987 ha/año a 53,768 ha/año.
- El departamento del Petén reporta pérdidas de 306,169 hectáreas en el período de estudio (sin tomar en cuenta la regeneración), lo que representa el 51% de la deforestación a nivel nacional. Izabal es el segundo departamento con mayor deforestación representando el 9% de la deforestación nacional.
- Los departamentos con mayor ganancia neta de bosque (ganancia menos pérdida) del año 2001 al 2006 son Alta Verapaz, Huehuetenango y Suchitepéquez, con 13,429, 15,334 y 9,004 hectáreas, respectivamente. Esto es el resultado de una alta tasa de regeneración y reforestación que contrarresta la deforestación observada.
- La tasa de deforestación dentro de las áreas protegidas del país es mayor que la deforestación fuera de áreas protegidas. Aun así, las áreas protegidas contienen más de la mitad de los bosques del país.
- Es necesario poner especial atención en buscar reducir los frentes de deforestación que ocurren en la parte oeste de Petén y en Izabal.
- Es importante iniciar la elaboración del nuevo mapa para actualizar la información al año 2010 cuanto antes.

8. BIBLIOGRAFÍA

Abrams, M., Hook, S. y Ramachandran, B. 1999. ASTER User Handbook, Versión 2, NASA/ Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.

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.

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

Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de teledetección especial. 3ed. Español. Rialp. 568 pp.

ERDAS. 2008. Field Guide. Technical Documentation. Volume 2. 384 pp.

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.

Irish, R. R. 2008. Landsat 7 Science Data Users Handbook. Landsat Project Science Office. Landsat Project Science Office. Consultado en <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html>

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

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. H. 2010. Manual de Evaluación de Puntos de Control. Manual interno No.1 de procedimientos del Mapa Forestal 2006.

Ramos, V. H. 2010b. Manual para la corrección radiométrica y el proceso de GAP FILL. Manual interno No. 2 de procedimientos del Mapa Forestal 2006.

Ruppert, G.S. 1997. A hybrid classifier for remote sensing applications. *International Journal of Neural Systems*. Vol.8, No.1, pp.63-68.

UVG, INAB, CONAP. 2006. Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001. Guatemala, 90 pp.

9. INFORMACIÓN DE COBERTURA FORESTAL A NIVEL MUNICIPAL

NOTA: Los datos para municipios muy pequeños o con muy baja cobertura forestal pueden presentar errores grandes debido a la escala y detalle del mapa.

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001(ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)	
1	Alta Verapaz	Cahabón	20,875	-2,977	-12.48	-592	-2.48	
2		Chahal	16,889	-3,175	-15.82	-580	-2.89	
3		Chisec	44,473	33	0.07	5	0.01	
4		Cobán	109,346	1,513	1.40	247	0.23	
5		Fray Bartolomé de las Casas	46,391	2,688	6.15	417	0.96	
6		Lanquín	4,581	1,053	29.83	205	5.81	
7		Panzós	20,759	-1,442	-6.50	-290	-1.31	
8		Raxruhá	18,707	-1,320	-6.59	-195	-0.98	
9		San Cristóbal Verapaz	18,883	4,332	29.77	844	5.80	
10		San Juan Chamelco	6,729	2,010	42.60	392	8.30	
11		San Pedro Carchá	41,449	7,960	23.77	1,552	4.63	
12		Santa Catarina La Tinta	7,811	23	0.29	5	0.06	
13		Santa Cruz Verapaz	3,698	752	25.55	147	4.98	
14		Senahú	16,891	-1,459	-7.95	-290	-1.58	
15		Tactic	3,908	1,086	38.47	212	7.50	
16		Tamahú	2,907	775	36.34	151	7.08	
17		Tucurú	7,083	1,577	28.64	307	5.58	
18	Baja Verapaz	Cubulco	30,734	413	1.36	77	0.25	
19		El Chol	2,516	-716	-22.16	-120	-3.72	
20		Granados	3,167	-1,345	-29.81	-226	-5.00	
21		Purulhá	23,828	3,023	14.53	594	2.86	
22		Rabinal	12,012	77	0.64	14	0.12	
23		Salamá	24,263	675	2.86	123	0.52	
24		San Jerónimo	11,965	1,923	19.15	361	3.60	
25		San Miguel Chicaj	6,332	-73	-1.13	-14	-0.22	
26		Chimaltenango	Acatenango	4,408	576	15.04	97	2.52
27			Chimaltenango	1,913	-25	-1.27	-4	-0.21
28			Comalapa	3,263	-387	-10.59	-65	-1.78
29	El Tejar		1,093	-273	-20.00	-46	-3.36	

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
30		Parramos	779	172	28.42	29	4.77
31		Patzicía	1,865	200	12.02	34	2.02
32		Patzún	8,952	937	11.69	157	1.96
33		Pochuta	4,825	446	10.17	75	1.71
34		San Andrés Itzapa	3,030	260	9.40	44	1.58
35		San José Poaquil	2,692	-1,321	-32.92	-222	-5.52
36		San Martín Jilotepeque	11,120	-3,440	-23.63	-577	-3.96
37		Santa Apolonia	1,639	-609	-27.10	-102	-4.55
38		Santa Cruz Balanyá	426	79	22.75	13	3.82
39		Tecpán Guatemala	9,611	-1,631	-14.51	-274	-2.43
40		Yepocapa	8,751	-554	-5.95	-93	-1.00
41		Zaragoza	1,822	195	11.98	33	2.01
42	Chiquimula	Camotán	4,106	-331	-7.46	-69	-1.55
43		Chiquimula	2,938	-517	-14.97	-108	-3.12
44		Concepción Las Minas	5,510	-692	-11.16	-144	-2.32
45		Esquipulas	11,385	-874	-7.13	-182	-1.49
46		Ipala	398	-135	-25.24	-28	-5.26
47		Jocotán	2,257	-447	-16.53	-93	-3.44
48		Olopa	3,691	-49	-1.30	-10	-0.27
49		Quetzaltepeque	6,528	-320	-4.67	-67	-0.97
50		San Jacinto	486	-93	-16.01	-19	-3.33
51		San José La Arada	1,328	-170	-11.34	-35	-2.36
52		San Juan la Ermita	780	-130	-14.33	-27	-2.98
53	El Progreso	El Júcaro	298	-122	-29.16	-26	-6.08
54		Guastatoya	1,116	-490	-30.52	-92	-5.72
55		Morazán	11,209	306	2.80	53	0.48
56		San Agustín Acasaguastlán	18,062	858	4.99	171	0.99
57		San Antonio La Paz	2,638	-962	-26.73	-161	-4.49
58		San Cristóbal Acasaguastlán	4,523	-66	-1.44	-14	-0.30
59		Sanarate	1,810	-1,442	-44.33	-242	-7.44
60		Sansare	2,177	-192	-8.10	-35	-1.50
61	Escuintla	Escuintla	6,651	-187	-2.74	-31	-0.46
62		Guanagazapa	1,605	-312	-16.26	-52	-2.73
63		Iztapa	919	45	5.10	7	0.86
64		La Democracia	39	-154	-79.74	-26	-13.38
65		La Gomera	2,859	19	0.67	3	0.11
66		Masagua	281	23	9.01	4	1.51
67		Nueva Concepción	1,334	430	47.53	72	7.98
68		Palín	3,796	470	14.12	79	2.37

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001(ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
69		San José	1,296	15	1.14	2	0.19
70		San Vicente Pacaya	5,920	-645	-9.83	-108	-1.65
71		Santa Lucía Cotzumalguapa	4,183	1,441	52.55	242	8.82
72		Siquinalá	4,580	976	27.09	164	4.54
73		Tiquisate	621	-50	-7.52	-8	-1.26
74	Guatemala	Amatitlán	3,328	765	29.85	128	5.01
75		Chinautla	1,736	-863	-33.20	-145	-5.57
76		Chuarrancho	1,673	-989	-37.15	-166	-6.23
77		Fraijanes	3,237	-321	-9.02	-54	-1.51
78		Guatemala	4,795	211	4.61	35	0.77
79		Mixco	3,123	121	4.05	20	0.68
80		Palencia	8,038	122	1.55	21	0.26
81		Petapa	363	83	29.68	14	4.98
82		San José del Golfo	855	-592	-40.92	-99	-6.87
83		San José Pinula	10,302	1,105	12.02	185	2.02
84		San Juan Sacatepéquez	9,455	-3,019	-24.20	-507	-4.06
85		San Pedro Ayampuc	2,238	-1,384	-38.22	-232	-6.41
86		San Pedro Sacatepéquez	999	-310	-23.69	-52	-3.97
87		San Raymundo	3,263	-1,506	-31.58	-253	-5.30
88		Santa Catarina Pinula	3,218	-28	-0.87	-5	-0.15
89		Villa Canales	5,705	677	13.46	114	2.26
90		Villa Nueva	1,671	563	50.78	94	8.52
91	Huehuetenango	Aguacatán	4,638	269	6.16	52	1.20
92		Barillas	52,990	3,510	7.09	624	1.26
93		Chiantla	4,791	386	8.77	75	1.71
94		Colotenango	1,786	426	31.27	84	6.16
95		Concepción Huista	3,770	125	3.42	25	0.67
96		Cuilco	15,839	2,238	16.46	441	3.24
97		Huehuetenango	3,972	177	4.66	35	0.91
98		Jacaltenango	5,199	29	0.55	6	0.11
99		La Democracia	1,779	-487	-21.50	-96	-4.23
100		La Libertad	8,439	-18	-0.22	-4	-0.04
101		Malacatancito	5,851	284	5.10	51	0.92
102		Nentón	15,947	-498	-3.03	-98	-0.60
103		San Antonio Huista	1,210	-69	-5.38	-14	-1.06
104		San Gaspar Ixchil	955	204	27.23	40	5.36
105		San Idelfonso Ixtahuacán	4,251	1,096	34.76	216	6.84
106		San Juan Atitán	2,118	567	36.54	112	7.19
107		San Juan Ixcay	6,333	548	9.47	107	1.85

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
108		San Mateo Ixtatán	31,298	2,021	6.90	398	1.36
109		San Miguel Acatán	6,723	323	5.05	64	0.99
110		San Pedro Necta	3,019	-478	-13.66	-94	-2.69
111		San Pedro Soloma	13,310	1,671	14.36	326	2.80
112		San Rafael La Independencia	2,968	190	6.83	37	1.35
113		San Rafael Pézcal	956	279	41.20	55	8.11
114		San Sebastián Coatán	7,339	251	3.54	49	0.70
115		San Sebastián Huehuetenango	1,501	123	8.96	24	1.76
116		Santa Ana Huista	443	49	12.56	10	2.47
117		Santa Bárbara	3,968	847	27.15	167	5.35
118		Santa Eulalia	12,242	2,233	22.31	437	4.37
119		Santiago Chimaltenango	971	-316	-24.56	-62	-4.83
120		Tectitán	2,851	159	5.92	31	1.17
121		Todos Santos Cuchumatán	7,395	-443	-5.65	-87	-1.11
122		Unión Cantinil	441	-363	-45.16	-71	-8.89
123	Izabal	El Estor	73,549	-9,527	-11.47	-1,913	-2.30
124		Livingston	101,359	-14,550	-12.55	-2,903	-2.50
125		Los Amates	16,051	-3,356	-17.29	-674	-3.47
126		Morales	23,783	-6,301	-20.95	-1,265	-4.21
127		Puerto Barrios	31,385	-9,852	-23.89	-1,978	-4.80
128	Jalapa	Jalapa	10,697	-1,068	-9.08	-216	-1.84
129		Mataquescuintla	5,393	-925	-14.64	-157	-2.49
130		Monjas	526	-49	-8.45	-10	-1.76
131		San Carlos Alzatate	1,530	-105	-6.45	-22	-1.34
132		San Luis Jilotepeque	864	-38	-4.19	-8	-0.87
133		San Manuel Chaparrón	73	-66	-47.50	-14	-9.90
134		San Pedro Pinula	4,076	-703	-14.71	-146	-3.06
135	Jutiapa	Agua Blanca	366	-141	-27.82	-29	-5.80
136		Asunción Mita	825	-95	-10.30	-20	-2.15
137		Atescatempa	455	-25	-5.13	-5	-1.07
138		Comapa	338	-92	-21.49	-19	-4.48
139		Conguaco	287	-79	-21.57	-16	-4.49
140		El Adelanto	160	4	2.31	1	0.48
141		El Progreso	77	-35	-31.14	-7	-6.49
142		Jalpatagua	567	-207	-26.73	-43	-5.57
143		Jerez	308	-64	-17.18	-13	-3.58
144		Jutiapa	4,789	-586	-10.90	-122	-2.27
145		Moyuta	3,139	-519	-14.18	-108	-2.96
146		Pasaco	732	-147	-16.68	-30	-3.37

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001(ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
147		Quesada	592	-85	-12.53	-18	-2.61
148		San José Acatempa	1,641	-116	-6.60	-24	-1.36
149		Santa Catarina Mita	1,002	-141	-12.36	-29	-2.58
150		Yupiltepeque	158	-14	-7.97	-3	-1.66
151		Zapotitlán	241	-119	-33.04	-25	-6.88
152	Petén	Dolores	67,352	-24,656	-26.80	-3,688	-4.01
153		Flores	365,934	-12,732	-3.36	-1,814	-0.48
154		La Libertad	266,228	-82,489	-23.66	-12,241	-3.51
155		Melchor de Mencos	173,497	-14,839	-7.88	-2,096	-1.11
156		Poptún	75,486	-15,386	-16.93	-2,350	-2.59
157		San Andrés	568,571	-37,770	-6.23	-5,450	-0.90
158		San Benito	3,914	-2,208	-36.06	-319	-5.20
159		San Francisco	19,199	-5,400	-21.95	-779	-3.17
160		San José	183,723	-2,320	-1.25	-335	-0.18
161		San Luis	98,271	-2,705	-2.68	-425	-0.42
162		Santa Ana	18,219	-8,497	-31.80	-1,211	-4.53
163		Sayaxché	83,099	-59,602	-41.77	-8,431	-5.91
164	Quetzaltenango	Almolonga	411	74	21.84	12	3.66
165		Cabricán	3,323	-69	-2.05	-14	-0.40
166		Cajolá	672	-46	-6.45	-9	-1.22
167		Cantel	1,990	75	3.90	13	0.65
168		Coatepeque	5,393	-6	-0.11	-1	-0.02
169		Colomba	4,075	-238	-5.51	-45	-1.04
170		Concepción Chiquirichapa	760	-40	-5.02	-7	-0.93
171		El Palmar	3,992	309	8.39	53	1.44
172		Flores Costa Cuca	906	-82	-8.32	-14	-1.42
173		Génova	2,174	-63	-2.81	-10	-0.46
174		Huitán	1,093	-107	-8.89	-21	-1.73
175		La Esperanza	165	47	40.31	8	6.76
176		Olintepeque	809	420	108.18	71	18.15
177		Palestina de los Altos	824	-138	-14.36	-27	-2.79
178		Quetzaltenango	3,479	267	8.33	45	1.40
179		Salcája	20	5	31.98	1	5.37
180		San Carlos Sija	6,383	343	5.68	63	1.04
181		San Francisco La Unión	598	127	27.06	21	4.54
182		San Juan Ostuncalco	4,320	-181	-4.02	-35	-0.78
183		San Martín Sacatepéquez	7,937	-171	-2.10	-32	-0.40
184		San Mateo	470	22	4.84	4	0.81
185		San Miguel Sigüila	604	20	3.34	4	0.61

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
186		Sibilia	828	-147	-15.08	-29	-2.93
187		Zunil	4,504	-38	-0.83	-6	-0.14
188	Quiché	Canillá	2,618	10	0.37	2	0.07
189		Chajul	29,205	2,241	8.31	435	1.61
190		Chicamán	23,978	2,386	11.05	465	2.15
191		Chiché	1,929	-1,121	-36.76	-188	-6.17
192		Chichicastenango	8,877	-2,835	-24.20	-476	-4.06
193		Chinique	1,837	-529	-22.35	-89	-3.75
194		Cunén	9,384	2,503	36.37	488	7.09
195		Ixcán	59,909	-8,148	-11.97	-1,164	-1.71
196		Joyabaj	8,148	-3,741	-31.46	-628	-5.28
197		Nebaj	41,381	5,569	15.55	1,082	3.02
198		Pachalum	434	-286	-39.75	-48	-6.67
199		Patzité	1,583	-398	-20.10	-67	-3.37
200		Sacapulas	8,281	93	1.14	18	0.22
201		San Andrés Sajcabajá	3,332	87	2.69	17	0.52
202		San Antonio Ilotenango	3,153	-374	-10.60	-63	-1.78
203		San Bartolomé Jocotenango	5,013	10	0.21	2	0.04
204		San Juan Cotzal	7,442	1,791	31.70	349	6.18
205		San Pedro Jocopilas	11,015	464	4.40	81	0.77
206		Santa Cruz del Quiché	2,854	-648	-18.51	-109	-3.11
207		Uspantán	33,268	2,006	6.42	391	1.25
208		Zacualpa	12,615	910	7.77	155	1.33
209	Retalhuleu	Champerico	1,076	127	13.43	22	2.33
210		El Asintal	1,590	-43	-2.66	-7	-0.44
211		Nuevo San Carlos	324	-12	-3.67	-2	-0.66
212		Retalhuleu	6,918	-70	-1.01	-12	-0.17
213		San Andrés Villa Seca	2,899	233	8.75	39	1.48
214		San Felipe Retalhuleu	221	24	12.32	4	2.07
215		San Martín Zapotitlán	44	15	52.98	3	8.89
216		San Sebastián	100	67	206.63	11	34.67
217		Santa Cruz Muluá	1,176	88	8.09	15	1.36
218	Sacatepéquez	Alotenango	2,561	160	6.65	27	1.12
219		Antigua Guatemala	3,758	527	16.30	88	2.74
220		Ciudad Vieja	1,161	281	31.98	47	5.37
221		Jocotenango	325	59	22.26	10	3.74
222		Magdalena Milpas Altas	871	106	13.84	18	2.32
223		Pastores	1,609	467	40.94	78	6.87
224		San Antonio Aguas Calientes	158	27	20.64	5	3.46

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
225		San Bartolomé Milpas Altas	446	104	30.30	17	5.08
226		San Lucas Sacatepéquez	1,477	243	19.67	41	3.30
227		San Miguel Dueñas	1,628	18	1.11	3	0.19
228		Santa Catarina Barahona	181	30	19.93	5	3.34
229		Santa Lucía Milpas Altas	464	69	17.33	12	2.91
230		Santa María de Jesús	2,267	324	16.69	54	2.80
231		Santiago Sacatepéquez	1,593	-82	-4.88	-14	-0.82
232		Santo Domingo Xenacoj	961	-255	-20.97	-43	-3.52
233		Sumpango	1,503	-151	-9.14	-25	-1.53
234	San Marcos	Ayutla	57	3	6.21	1	1.21
235		Catarina	244	-88	-26.64	-15	-4.64
236		Comitancillo	2,156	-320	-12.93	-58	-2.35
237		Concepción Tutuapa	6,992	1,040	17.47	205	3.44
238		El Quetzal	1,261	-228	-15.30	-42	-2.83
239		El Rodeo	128	-189	-59.48	-31	-9.66
240		El Tumbador	2,927	-351	-10.70	-57	-1.74
241		Esquipulas Palo Gordo	3,254	21	0.63	3	0.10
242		Ixchiguán	2,077	-51	-2.39	-8	-0.39
243		La Reforma	2,208	-27	-1.22	-5	-0.21
244		Malacatán	2,188	104	5.01	21	1.01
245		Nuevo Progreso	3,224	18	0.56	3	0.09
246		Ocós	901	-109	-10.75	-19	-1.88
247		Pajapita	1,537	-32	-2.06	-5	-0.34
248		Río Blanco	983	-98	-9.05	-19	-1.76
249		San Antonio Sacatepéquez	1,470	-88	-5.64	-17	-1.10
250		San Cristóbal Cucho	743	-37	-4.71	-7	-0.92
251		San José Ojetenam	2,039	-108	-5.03	-20	-0.92
252		San Lorenzo	676	-64	-8.67	-12	-1.67
253		San Marcos	4,860	-194	-3.83	-32	-0.63
254		San Miguel Ixtahuacán	4,519	3	0.07	1	0.01
255		San Pablo	3,598	-150	-4.00	-24	-0.65
256		San Pedro Sacatepéquez	3,173	-163	-4.89	-31	-0.92
257		San Rafael Pie de la Cuesta	517	-49	-8.69	-8	-1.41
258		Sibinal	3,246	-54	-1.65	-11	-0.33
259		Sipacapa	3,564	-261	-6.82	-51	-1.33
260		Tacanán	12,418	656	5.58	130	1.11
261		Tajumulco	10,200	-54	-0.52	-9	-0.09
262		Tejutla	2,554	-85	-3.23	-14	-0.54
263	Santa Rosa	Barberena	4,221	-344	-7.53	-58	-1.26

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
264		Casillas	4,716	317	7.20	59	1.35
265		Chiquimulilla	5,639	-1,066	-15.90	-185	-2.75
266		Cuilapa	3,903	-272	-6.51	-46	-1.10
267		Guazacapán	780	165	26.89	28	4.51
268		Nueva Santa Rosa	2,516	418	19.94	70	3.35
269		Oratorio	2,193	-518	-19.12	-107	-3.96
270		Pueblo Nuevo Viñas	7,585	-639	-7.77	-107	-1.30
271		San Juan Tecuaco	145	-373	-71.98	-63	-12.22
272		San Rafael Las Flores	1,456	352	31.91	65	5.92
273		Santa Cruz Naranjo	630	113	21.82	19	3.66
274		Santa María Ixhuitán	3,077	-901	-22.64	-160	-4.02
275		Santa Rosa de Lima	5,031	2,239	80.21	376	13.46
276		Taxisco	7,556	1,607	27.00	270	4.53
277	Sololá	Concepción	718	206	40.27	35	6.76
278		Nahualá	6,485	1,127	21.03	189	3.53
279		Panajachel	316	47	17.30	8	2.90
280		San Andrés Semetabaj	2,147	544	33.95	91	5.70
281		San Antonio Palapó	960	195	25.56	33	4.29
282		San José Chacayá	734	194	36.05	33	6.05
283		San Juan La Laguna	1,643	-282	-14.64	-47	-2.46
284		San Lucas Tolimán	2,590	164	6.77	28	1.14
285		San Marcos La Laguna	160	-11	-6.55	-2	-1.10
286		San Pablo La Laguna	89	-43	-32.56	-7	-5.46
287		San Pedro La Laguna	2,365	-212	-8.22	-36	-1.38
288		Santa Catarina Ixtahuacán	6,366	72	1.14	12	0.19
289		Santa Catarina Palapó	215	75	53.96	13	9.05
290		Santa Clara La Laguna	510	6	1.23	1	0.21
291		Santa Cruz La Laguna	140	-3	-1.76	0	-0.30
292		Santa Lucía Utatlán	2,429	653	36.77	110	6.17
293		Santa María Visitación	1,170	-32	-2.68	-5	-0.45
294		Santiago Atitlán	5,868	435	8.01	73	1.34
295		Sololá	4,862	518	11.92	87	2.00
296	Suchitepéquez	Chicacao	5,124	1,270	32.94	213	5.53
297		Cuyotenango	1,717	784	84.04	132	14.10
298		Mazatenango	1,717	775	82.33	130	13.81
299		Patulul	5,723	1,494	35.33	251	5.93
300		Pueblo Nuevo	197	-36	-15.30	-6	-2.57
301		Río Bravo	1,666	758	83.51	127	14.01
302		Samayac	250	85	51.25	14	8.60

No.	Departamento	Municipio	Cobertura 2006 (ha)	Cambio neto contra 2001 (ha)	Cambio neto contra 2001 (%)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
303		San Antonio Suchitepéquez	1,397	-30	-2.08	-5	-0.35
304		San Bernardino	215	135	169.14	23	28.38
305		San Francisco Zapotitlán	453	-82	-15.29	-14	-2.57
306		San Gabriel	88	51	138.14	9	23.18
307		San José El Idolo	2,230	1,421	175.73	238	29.48
308		San Juan Bautista	626	85	15.71	14	2.64
309		San Lorenzo	2,077	1,011	94.78	170	15.90
310		San Miguel Panán	1,052	416	65.32	70	10.96
311		San Pablo Jocopila	15	-23	-60.28	-4	-10.11
312		Santa Bárbara	3,399	291	9.37	49	1.57
313		Santo Domingo Suchitepéquez	1,563	608	63.73	102	10.69
314		Santo Tomas La Unión	0	-1	-58.33	0	-9.79
315		Zunilito	18	-9	-33.77	-2	-5.67
316	Totonicapán	Momostenango	12,027	963	8.70	163	1.47
317		San Andrés Xecul	356	153	75.78	26	12.71
318		San Bartolo Aguas Calientes	2,459	179	7.84	30	1.32
319		San Cristóbal Totonicapán	500	77	18.31	13	3.07
320		San Francisco El Alto	1,567	252	19.18	42	3.22
321		Santa Lucía La Reforma	749	48	6.83	8	1.15
322		Santa María Chiquimula	10,542	429	4.24	72	0.71
323		Totonicapán	12,740	437	3.55	73	0.60
324	Zacapa	Cabañas	141	-288	-67.05	-60	-13.97
325		Estanzuela	9	-81	-89.64	-17	-18.68
326		Gualán	19,991	-1,410	-6.59	-287	-1.34
327		Huité	306	-179	-36.99	-37	-7.71
328		La Unión	7,828	-187	-2.33	-39	-0.49
329		Río Hondo	16,913	-940	-5.26	-194	-1.09
330		San Diego	558	-314	-35.97	-65	-7.49
331		Teculután	9,290	-198	-2.09	-41	-0.44
332		Usumatlán	1,176	-106	-8.26	-22	-1.72
333		Zacapa	4,021	-634	-13.62	-132	-2.84



Con el apoyo de:

