

El proyecto "Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001" representa el cuarto esfuerzo a nivel nacional por desarrollar un mapa de cobertura forestal y el primer esfuerzo por determinar tasas de deforestación basadas en la interpretación de imágenes por satélite.

El proyecto se completó en dos fases, la primera con la presentación del Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala para el año 2001, publicado en enero de 2004. La segunda fase del proyecto, reportada en este documento de memoria, se centró en comparar las imágenes de 2001 con imágenes 1991-93 y 1996 para poder determinar tasas de cambio en la cobertura forestal. Se determinó que anualmente entre el año 1991/93 y 2001, el país perdió en promedio 73,148 ha de bosque cada año, lo que corresponde a una tasa de deforestación de 1.43% anual.

Los autores de este proyecto entregamos este documento al pueblo de Guatemala esperando que al conocer mejor la forma en que hemos usado y a veces sobreutilizado nuestros recursos forestales, busquemos en el futuro un uso más sustentable de este valioso recurso para que las generaciones venideras también puedan disfrutar de nuestra Guatemala, como lo que siempre ha sido, una "Tierra de Bosques".



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES  
CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

## DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE GUATEMALA DURANTE LOS AÑOS 1991, 1996 Y 2001 Y MAPA DE COBERTURA FORESTAL 2001

FASE II:

### DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL



GUATEMALA, FEBRERO DE 2006





**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES  
CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS**

**DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE GUATEMALA  
DURANTE LOS AÑOS 1991, 1996 Y 2001  
Y MAPA DE COBERTURA FORESTAL 2001**

**FASE II:  
DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL**

**GUATEMALA, FEBRERO DE 2006**

**Participaron en la elaboración de este proyecto:**

**Universidad del Valle de Guatemala:**

Dr. Edwin Castellanos López (Coordinador General)  
Licda. Claudia Monzón  
M.Sc. Víctor Valencia  
M.Sc. Luis Delgado  
Ing. Omar Regalado  
Licda. Lucia Corral  
Sr. Jorge Roldán  
Ing. Jorge Fernando Roldán

**Instituto Nacional de Bosques:**

Ing. en R.N.R. Gerónimo Pérez Irungaray  
Ing. en R.N.R. Juan Pablo Noriega Arriaga  
Ing. en R.N.R. Rodolfo Véliz Zepeda

**Consejo Nacional de Áreas Protegidas:**

Ing. Víctor Hugo Ramos  
Sr. Henry Solís  
Sr. Julián Enrique Zetina  
Sr. Luis Guerra  
Sr. Fernando Saravia

Se agradece el patrocinio del Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change de la Universidad de Indiana, USA; del proyecto FAO-GCP/GUA/008/NET –Apoyo a la Dirección y Coordinación del Plan de Acción Forestal para Guatemala; y del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria PARPA con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo, BID.

# Índice de Contenido

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
3.1    USO DE SENSORES REMOTOS.....	4
3.2    PROCESAMIENTO, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE IMÁGENES POR SATÉLITE.....	4
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
4.1    GENERAL .....	6
4.2    ESPECIFICOS. ....	6
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
5.1    FUENTES DE INFORMACIÓN EMPLEADA .....	7
5.2    SELECCIÓN DE IMÁGENES .....	7
5.3    VERIFICACIONES EN CAMPO.....	9
5.4    DISTRIBUCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES DIGITALES ENTRE LAS INSTITUCIONES.....	10
5.5    PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	11
5.6    ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE ERROR DE LA CLASIFICACIÓN .....	17
5.7    ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE CAMBIO.....	17
5.8    ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL CON RESPECTO A OTROS MAPAS FORESTALES.....	18
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
6.1    RESULTADOS GENERALES.....	19
6.2    RESULTADOS POR DEPARTAMENTO.....	25
6.3    ANÁLISIS DE LA DINÁMICA CON RESPECTO AL MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA SEGÚN LA METODOLOGÍA DEL INAB. ....	70
6.4    ANÁLISIS DE LA DINÁMICA CON RESPECTO AL MAPA DE TIERRAS FORESTALES DE CAPTACIÓN Y REGULACIÓN HIDROLÓGICA.....	71
<b>7. ANÁLISIS DEL ERROR DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>72</b>
7.1    IMÁGENES 1991/93 .....	72
7.2    IMÁGEN 2001 .....	72
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>10. LINEAS DE INVESTIGACION PROPUESTAS</b> .....	<b>75</b>
<b>11. ANEXOS</b> .....	<b>76</b>

## Indice de ilustraciones

### MAPAS

Mapa 1: Mapa de dinámica de la cobertura forestal de la República de Guatemala.....	21
Mapa 2: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Alta Verapaz .....	27
Mapa 3: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Baja Verapaz.....	29
Mapa 4: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chimaltenango.....	31
Mapa 5: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Chiquimula .....	33
Mapa 6: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de El Progreso.....	35
Mapa 7: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Escuintla .....	37
Mapa 8: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Guatemala.....	39
Mapa 9: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Huehuetenango .....	41
Mapa 10: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Izabal.....	43
Mapa 11: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jalapa.....	45
Mapa 12: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Jutiapa.....	47
Mapa 13: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Petén .....	49
Mapa 14: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quetzaltenango .....	51
Mapa 15: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Quiché.....	53
Mapa 16: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Retalhuleu .....	55
Mapa 17: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sacatepéquez.....	57
Mapa 18: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de San Marcos .....	59
Mapa 19: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Santa Rosa .....	61
Mapa 20: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Sololá.....	63
Mapa 21: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Suchitepéquez .....	65
Mapa 22: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Totonicapán .....	67
Mapa 23: Mapa de dinámica de la cobertura forestal del departamento de Zacapa.....	69

### CUADROS

Cuadro 1: Resultados de mapeos forestales en Guatemala.....	2
Cuadro 2: Número de imágenes proporcionadas por institución.....	7
Cuadro 3: Factores de corrección empleados en las imágenes de satélite .....	12
Cuadro 4: Categorías de clasificación de las imágenes .....	13
Cuadro 5: Valor del píxel de acuerdo al año y a la cobertura.....	15
Cuadro 6: Valores de píxeles para la imagen de cambios .....	16
Cuadro 7: Cambio neto nacional para el total del período.....	19
Cuadro 8: Tasa de cambio anual nacional .....	19
Cuadro 9: Cambio neto departamental para el total del período.....	20
Cuadro 10: Tasa de cambio anual departamental .....	20
Cuadro 11: Análisis de la dinámica respecto a capacidad de uso de la tierra.....	70
Cuadro 12: Análisis de la dinámica respecto a tierras forestales de captación y regulación hidrológica .....	71

### ANEXOS

Anexo 1: Dinámica de la cobertura forestal a nivel municipal.....	76
Anexo 2: Formulario de verificación de campo para imágenes de satélite.....	84
Anexo 3: Procedimientos de campo .....	86

## FIGURAS

Figura 1:	Fechas de las imágenes empleadas en el procesamiento digital .....	8
Figura 2:	Mapa de los puntos de verificación de campo.....	9
Figura 3:	Mapa de la distribución del trabajo de campo .....	10
Figura 4:	Distribución de procesamiento de imágenes .....	11
Figura 5:	Orden de las imágenes en el mosaico.....	15
Figura 6:	Distribución de pérdidas relativas a nivel municipal.....	22
Figura 7:	Distribución de pérdidas netas a nivel municipal.....	22
Figura 8:	Distribución de ganancias relativas a nivel municipal.....	23
Figura 9:	Distribución de ganancias netas a nivel municipal.....	23
Figura 10:	Comparación de la cobertura forestal en los 3 períodos.....	24
Figura 11:	Tendencia del proceso de cambio de bosque.....	24
Figura 12:	Comparación de la cobertura forestal de Alta Verapaz en los 3 períodos .....	26
Figura 13:	Comparación de la cobertura forestal de Baja Verapaz en los 3 períodos.....	28
Figura 14:	Comparación de la cobertura forestal de Chimaltenango en los 3 períodos .....	30
Figura 15:	Comparación de la cobertura forestal de Chiquimula en los 3 períodos .....	32
Figura 16:	Comparación de la cobertura forestal de El Progreso.....	34
Figura 17:	Comparación de la cobertura forestal de Escuintla en los 3 períodos .....	36
Figura 18:	Comparación de la cobertura forestal de Guatemala en los 3 períodos .....	38
Figura 19:	Comparación de la cobertura forestal de Huehuetenango en los 3 períodos .....	40
Figura 20:	Comparación de la cobertura forestal de Izabal en los 3 períodos .....	42
Figura 21:	Comparación de la cobertura forestal de Jalapa en los 3 períodos .....	44
Figura 22:	Comparación de la cobertura forestal de Jutiapa en los 3 períodos.....	46
Figura 23:	Comparación de la cobertura forestal de Petén en los 3 períodos .....	48
Figura 24:	Comparación de la cobertura forestal de Quetzaltenango en los 3 períodos .....	50
Figura 25:	Comparación de la cobertura forestal de Quiché.....	52
Figura 26:	Comparación de la cobertura forestal de Retalhuleu en los 3 períodos .....	54
Figura 27:	Comparación de la cobertura forestal de Sacatepéquez.....	56
Figura 28:	Comparación de la cobertura forestal de San Marcos en los 3 períodos .....	58
Figura 29:	Comparación de la cobertura forestal de Santa Rosa en los 3 períodos .....	60
Figura 30:	Comparación de la cobertura forestal de Sololá en los 3 períodos .....	62
Figura 31:	Comparación de la cobertura forestal de Suchitupéquez en los 3 períodos .....	64
Figura 32:	Comparación de la cobertura forestal de Totonicapán en los 3 períodos .....	66
Figura 33:	Comparación de la cobertura forestal de Zacapa en los 3 períodos.....	68
Figura 34:	Deforestación anual respecto a capacidad de uso de la tierra.....	70
Figura 35:	Deforestación anual respecto a tierras forestales de captación y regulación hidrológica .....	71



## 1. RESUMEN

El proyecto "Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001" representa el cuarto esfuerzo a nivel nacional por desarrollar un mapa de cobertura forestal y el primer esfuerzo por determinar tasas de deforestación basadas en la interpretación de imágenes por satélite. Esta iniciativa de mapeo forestal tiene varias características que la hacen diferente de iniciativas previas para Guatemala. En primer lugar, la clasificación de las imágenes LANDSAT se realizó con procedimientos digitales. Esto tiene dos resultados importantes: reduce la subjetividad en el proceso de clasificación, haciendo el mismo mucho más reproducible; adicionalmente, el nivel de detalle de la clasificación se reduce considerablemente. Esto último permitió que este proyecto produjera el primer mapa de cobertura forestal a escala 1:50,000, es decir, cinco veces más detallado que los esfuerzos previos. En segundo lugar, este proyecto permitió la comparación de imágenes satelitales de varios años utilizando exactamente la misma metodología. Esto permite que por primera vez se pueda reportar para el país tasas medidas de deforestación y de regeneración de cobertura forestal.

Para cada año base, fue necesario trabajar con imágenes tomadas en diferentes fechas. El caso más crítico corresponde a la determinación de la cobertura forestal del año 1991, para el cual se emplearon imágenes tomadas entre 1990 y 1995. Debido a que la mayoría de estas escenas Landsat se encuentran entre los años 1991 y 1993, en el resto del documento se hace referencia al periodo inicial de estudio como 1991/93.

La comparación de las imágenes satelitales de los diferentes años de estudio permitió revisar el mapa de cobertura forestal del año 2001 previamente publicado, introduciéndose algunas correcciones en los datos de cobertura para ese año. Por tanto se reporta en este estudio una cobertura forestal revisada para la República de Guatemala correspondiente a 4,558,453 ha equivalentes al 42.11% del territorio nacional.

Se determinó que anualmente entre el año 1991/93 y 2001, el país perdió en promedio 73,148 ha de bosque cada año, lo que corresponde a una tasa de deforestación de 1.43% anual. El departamento que concentra esta pérdida es Petén, donde cada año desaparecieron en promedio 47,412 ha. Sin embargo, en términos relativos, Chiquimula es el departamento que más bosque perdió en los 10 años de estudio, a una tasa de 2.46% anual respecto del bosque original, mientras que Petén se encuentra en tercer lugar, con una tasa de deforestación de 1.81%, por debajo de Jutiapa con 2.17%.

Aunque el balance neto arroja cifras negativas, existen departamentos en donde se registró un incremento de la cobertura forestal, tal es el caso de los departamentos de Sacatepéquez y Retalhuleu donde anualmente se regeneró el bosque en promedio a razón de 7 y 58 ha anuales, lo que corresponde a una tasa de incremento cobertura forestal de 0.03% y 0.46% anuales respectivamente.

Cabe destacar el caso del departamento de Sololá en donde este estudio detectó un cambio neto de cero debido a que la regeneración y reforestación compensaron la deforestación registrada en este periodo de tiempo.

Para ampliar la información de dinámica forestal se analizó la cobertura del año 1996, y se determinó que entre los años 1991/93 y 1996 se perdió más bosque. Es decir que el análisis de las imágenes del año 1996 estableció que la mayor cantidad de la pérdida de bosque se produjo en la primera mitad de la década, observándose una disminución en la tasa de deforestación en el resto de la década.

Se recomienda repetir este mismo análisis de cobertura forestal en intervalos de 5 años, por lo que se hace necesario planificar un nuevo mapa para el presente año 2006.

## 2. ANTECEDENTES

El proyecto “Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001” representa el cuarto esfuerzo a nivel nacional por desarrollar un mapa de cobertura forestal basado en la interpretación de imágenes de satélite. 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 medio de la oficina del Plan de Acción Forestal de Guatemala, PAFG. En ese entonces se procedió a completar una clasificación visual de imágenes LANDSAT TM para incluir diferentes tipos de cobertura boscosa. Los resultados de cobertura forestal de ese proyecto, junto con los otros esfuerzos de mapeo de bosques en Guatemala, se muestran en el cuadro 1.

**CUADRO 1. Resultados de mapeos forestales en Guatemala**

Proyecto	Cobertura Forestal (% del Territorio Nacional)
FAO-PAFG 1988	53%
INAB 1999	35% (23% más en asociaciones)
MAGA 1999	39.5%
UVG, INAB, CONAP, MAGA, PAFG, 2001 <sup>1</sup> .	39.9%
UVG, INAB, CONAP, 2001 <sup>2</sup> .	41.7%

<sup>1</sup> Publicado en el 2004

<sup>2</sup> Revisión del publicado en el 2004, obtenido en el presente estudio

En 1999 el Instituto Nacional de Bosques, INAB, inició un 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. En ese proyecto la metodología fue básicamente la misma que la usada en 1988: clasificación visual de imágenes LANDSAT TM (aunque algunas áreas de asociaciones si fueron clasificadas digitalmente). Este procedimiento únicamente permite un nivel de detalle equivalente a un mapa de escala 1:250,000. Usando el mismo juego de imágenes LANDSAT TM y un proceso de clasificación visual, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA, generó en forma casi simultánea un Mapa de Uso de la Tierra, que por supuesto incluyó una capa de cobertura forestal, ligeramente diferente a la capa reportada por el INAB.

Con estos antecedentes, en el año 2000 la Universidad del Valle de Guatemala, UVG, inicia un estudio de la dinámica forestal de varias municipalidades de Guatemala en apoyo a una investigación iniciada por la Universidad de Indiana en Estados Unidos. Esta investigación busca documentar los cambios en el manejo municipal de sus bosques resultado de las iniciativas de descentralización. Se solicitó a la UVG que se realizaran mapas de dinámica de cobertura forestal para 100 municipalidades seleccionadas al azar. Esta dinámica debía ser estudiada para los años 1991, 1996 y 2001 para coincidir con los años de cambio en las administraciones municipales. Dado que las 100 municipalidades en cuestión fueron seleccionadas al azar y distribuidas en todo el territorio nacional para realizar este estudio de dinámica forestal usando imágenes LANDSAT TM sería necesario adquirir todas las imágenes que cubren el territorio guatemalteco.

Al saber de esta iniciativa, el PAFG le planteó a la UVG la posibilidad de aportar fondos adicionales para aprovechar el estudio para completar un mapa de cobertura y de dinámica de cobertura forestal a nivel nacional. Se planteó también la posibilidad de incorporar al Consejo Nacional de Areas Protegidas, CONAP; INAB y MAGA en la iniciativa. Es así como el 31 de julio de 2001 se firma la carta de entendimiento entre estas cuatro instituciones para dar inicio al proyecto descrito en este documento. En la práctica, el proyecto se completó en dos fases, la primera con la presentación del Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala para el año 2001, publicado en enero de 2004. La segunda fase del proyecto, reportada en este documento de memoria, se centró en comparar las imágenes de 2001 con imágenes 1991-93 y 1996 para poder determinar tasas de cambio en la cobertura forestal. Esta segunda fase contó con el apoyo financiero del Programa de

Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria, PARPA, a través de un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo BID, y ya no se tuvo el aporte directo en especie del MAGA.

La iniciativa de mapeo forestal presentada en esta memoria tiene varias características que la hacen diferente de las iniciativas previas. En primer lugar, la clasificación de las imágenes LANDSAT se realizó con procedimientos digitales. Esto tiene dos resultados importantes: reduce la subjetividad en el proceso de clasificación, haciendo el mismo mucho más reproducible; adicionalmente, el nivel de detalle de la clasificación se reduce considerablemente. Esto último permitió que este proyecto produjera el primer mapa de cobertura forestal a escala 1:50,000, es decir, cinco veces más detallado que los esfuerzos previos. En segundo lugar, este proyecto permitió la comparación de imágenes satelitales de varios años utilizando exactamente la misma metodología. Esto permite que por primera vez se pueda reportar para el país tasas de deforestación y de regeneración de cobertura forestal determinadas a través de un proceso debidamente probado y documentado.

En este sentido es importante notar que los datos presentados en el cuadro 1 no son completamente comparables entre sí ya que fueron desarrollados con procesos de clasificación que dependen en buena medida del criterio del clasificador. Por tanto los datos del cuadro 1 no necesariamente pueden usarse para generar tasas de cambio de cobertura forestal.

Finalmente, este proyecto logró coordinar el trabajo entre varias instituciones de reconocida relevancia en el ámbito forestal, generando así un producto de mapeo con un respaldo institucional muy sólido. Asimismo, se lograron establecer bases metodológicas de trabajo en equipo que han permitido en estos últimos años un trabajo más coordinado entre todas las instituciones con capacidad de manejo de información de imágenes por satélite. Esta coordinación ha dado sus frutos concretos en la realización del Mapa de Uso de la Tierra que será publicado en forma casi simultánea con el mapa de dinámica forestal.

## **3. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 USO DE SENSORES REMOTOS**

Desde principios del siglo pasado se realizaron esfuerzos por describir la superficie de nuestro planeta desde una perspectiva aérea. Los primeros esfuerzos exitosos en este sentido se dieron producto de dos inventos cruciales: la cámara fotográfica y el avión. Es así como las fotografías aéreas se posicionan desde la Primera Guerra Mundial como la principal herramienta análoga de percepción remota para mapeo de diferentes regiones del planeta. Con esta herramienta se logra describir de forma remota grandes extensiones de superficie, sin entrar en contacto directo con el objeto descrito.

Dos inventos más revolucionaron la forma de trabajar con sensores remotos: los sensores electrónicos digitales y las naves espaciales. Con el advenimiento de la era espacial a finales de los años 60's, se logra colocar en órbita instrumentos digitales que continuamente captan imágenes de la superficie terrestre. El formato digital hace que las imágenes captadas puedan ser transmitidas a través de ondas de radio desde los satélites y que sean más fácilmente procesadas por los nuevos ordenadores. Además, se logra captar información electromagnética en rangos de luz donde previamente no se había trabajado por la inexistencia de películas fotográficas adecuadas.

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 70, primero con el sensor MSS (Multi Spectral Scanner) en los satélites 1, 2 y 3, complementado en la década de los 80 con el sensor TM (Thematic Mapper) en los satélites 4 y 5, y sustituido en la presente década por el ETM (Enhanced Thematic Mapper) en el satélite 7 (el satélite 6 nunca alcanzó órbita). Desafortunadamente en 2004, el sensor ETM del LANDSAT 7 se averió, rompiendo así la secuencia más larga existente de información digital de una misma familia de satélites (los anteriores satélites ya estaban fuera de operación).

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

### **3.2 PROCESAMIENTO, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE IMÁGENES POR SATÉLITE**

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.

La corrección radiométrica busca minimizar efectos de variación en la cantidad de luz que llega al detector debido a variaciones en la posición de 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.

La interpretación de imágenes ya pre-procesadas implica el determinar qué usos de la tierra están representados por los diferentes valores de reflectancia observados en cada banda de luz incluida en la imagen (la firma espectral de cada uso de la tierra). Hay dos tipos de procedimiento para lograr esto. En el primer tipo, se usa información de campo de diferentes usos de la tierra para informar a la computadora los rangos de firmas espectrales de los diferentes usos de la tierra. Con esta información la computadora busca los píxeles que muestran firmas espectrales similares a las conocidas. La clasificación que realiza la computadora es de esta manera "supervisada" por la información de campo disponible.

En un segundo tipo de procedimiento, se le pide a la computadora que agrupe los píxeles que muestran firmas espectrales similares (es decir, "colores" similares) sin contar con información de campo previa; de esta manera, la computadora clasifica en forma "no supervisada" los píxeles similares en un número predeterminado de clases. Hecho esto, la tarea del clasificador es determinar cada uso de la tierra representado por las diferentes clases agrupadas por la computadora. La mayor limitante en ambos procedimientos es que el mismo uso de la tierra puede mostrar firmas espectrales diferentes debido a variaciones naturales (no todos los bosques se ven iguales en todas partes y en diferentes momentos del año) y a variaciones de reflectancia causadas por topografía, efectos atmosféricos y efectos climáticos.

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

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL.**

Estudiar la dinámica de la cobertura forestal de Guatemala para el periodo 1991/93 - 2001.

### **4.2 ESPECIFICOS.**

- Elaborar un mapa de dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001 de la República de Guatemala.
- Identificar la dinámica de la cobertura forestal a nivel nacional.
- Identificar la dinámica de la cobertura forestal a nivel departamental.
- Identificar la dinámica de la cobertura forestal a nivel municipal.
- Analizar la dinámica de la cobertura forestal tomando 1996 como año intermedio.
- Analizar la dinámica de la cobertura forestal con relación a la capacidad de uso de la tierra.
- Analizar la dinámica de la cobertura forestal con relación a las tierras forestales de captación y regulación hidrológica.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FUENTES DE INFORMACIÓN EMPLEADA

En este proyecto se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- Mapas Cartográficos IGN escala 1:50,000
- Hojas Cartográficas digitalizadas y referenciadas (NIMA ADRG)
- Imágenes de Satélite LANDSAT TM Y ETM
- Ortofotos Aéreas escala 1:20,000/1:40,000 en formato digital (JICA / IGN 2001)
- Fotografías Aéreas impresas 1:20,000/1:40,000
- Fotografías de puntos de control de campo

Se utilizaron mapas a escala 1:50,000 de la República de Guatemala del Instituto Geográfico Nacional, impresos y en formato digital, lo que permitió contar con información cartográfica básica y realizar la georreferenciación de imágenes de satélite, además de servir para la planificación de las visitas de campo de verificación y validación.

Los mapas digitales (NIMA ADRG) fueron proporcionados por la Unidad de Entomología Médica de la Universidad del Valle de Guatemala (MERTU/CDC), consistiendo en hojas cartográficas de la República de Guatemala en formato digital georreferenciadas.

### 5.2 SELECCIÓN DE IMÁGENES

Durante los primeros meses del proyecto se seleccionaron las imágenes satelitales que servirían de base para la realización del trabajo de clasificación boscosa, explorando exhaustivamente las opciones de imágenes LANDSAT disponibles en proveedores de imágenes como lo son Spaceimaging y USGS (United States Geological Survey).

Se usaron los siguientes criterios para la selección de las imágenes satelitales:

1. Época del año en que fue tomada la imagen de satélite
2. Porcentaje de nubes sobre las imágenes

Después de varias reuniones y talleres para definir cuáles imágenes se emplearían, se llegó a la conclusión que las mejores correspondían a aquellas tomadas entre los meses de diciembre y febrero; y en algunos casos hasta del mes de marzo.

Se necesitaron 27 imágenes LANDSAT para realizar este trabajo, 9 para cubrir la totalidad de la República de Guatemala para cada año de estudio 1990-1993, 1996 y 2000-2001. Estas imágenes fueron proporcionadas por las instituciones participantes de la siguiente forma:

**CUADRO 2. Número de imágenes proporcionadas por institución**

Institución	Imágenes
CONAP	9
PAFG (compradas para este proyecto)	15
Universidad de Indiana de EEUU	2
Universidad del Valle de Guatemala	1
Total	27

Idealmente se debería haber trabajado con imágenes correspondientes a los tres años de interés 1991, 1996 y 2001, tomadas en las mismas fechas e inclusive a la misma hora; pero esto no es posible por cuestiones técnicas del sensor, por lo que se emplearon las imágenes más cercanas en

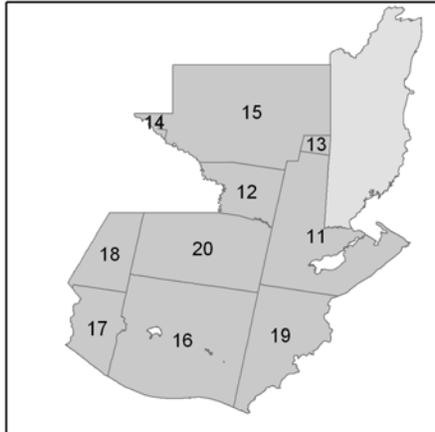
el tiempo al año de estudio dado para completar la cobertura de Guatemala. En la Figura 1 se muestran las secciones de las imágenes satelitales empleadas y la fecha en la que fueron tomadas.

Año 1991/1993



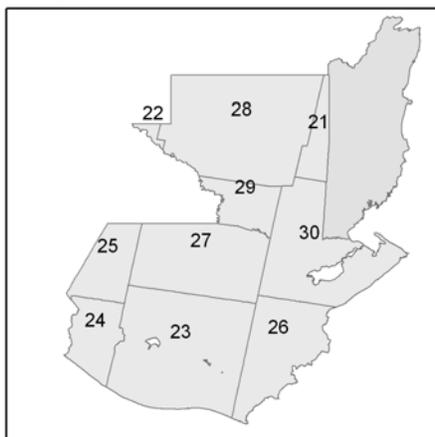
ID	Fecha
1	19/03/1994
2	17/03/1993
3	18/05/1995
4	19/05/1993
5	19/02/1990
6	04/03/1992
7	19/02/1990
8	04/03/1991
9	16/03/1993
10	10/05/1993

Año 1996



ID	Fecha
11	17/03/1996
12	15/04/1998
13	05/04/1997
14	03/04/1997
15	12/04/1997
16	21/02/1996
17	11/01/1996
18	15/03/1996
19	17/03/1996
20	21/02/1996

Año 2001



ID	Fecha
21	15/03/2001
22	29/03/2001
23	08/12/2000
24	31/12/2000
25	16/01/2001
26	31/03/2001
27	30/03/2001
28	22/03/2001
29	23/01/2000
30	31/03/2001

Figura 1: Fechas de las imágenes empleadas en el procesamiento digital

### 5.3 VERIFICACIONES EN CAMPO

En la fase 1 de este proyecto se realizó una serie de verificaciones de campo para elaborar el mapa de cobertura forestal 2001. En la Figura 2 se presenta la ubicación de los sitios visitados; la línea continua corresponde a un sobrevuelo realizado en Petén.

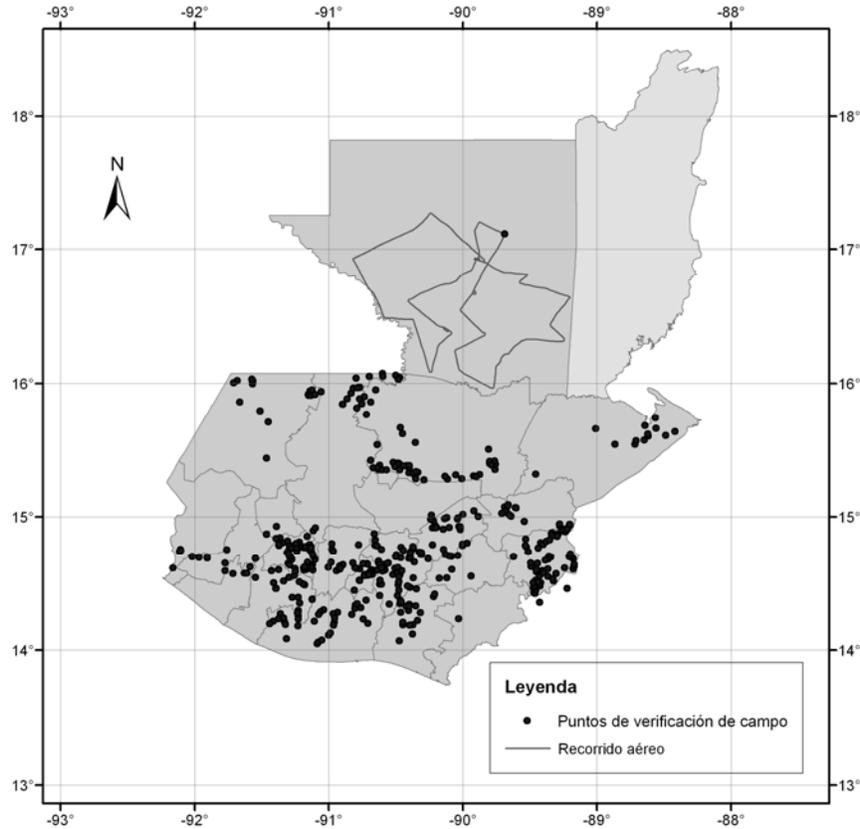


Figura 2: Mapa de los puntos de verificación de campo

El trabajo de campo estuvo distribuido de la siguiente manera: el departamento de Petén a cargo del CONAP, los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Las Verapaces e Izabal correspondieron al INAB, y del resto del país se encargó la UVG tal y como se muestra en la Figura 3.

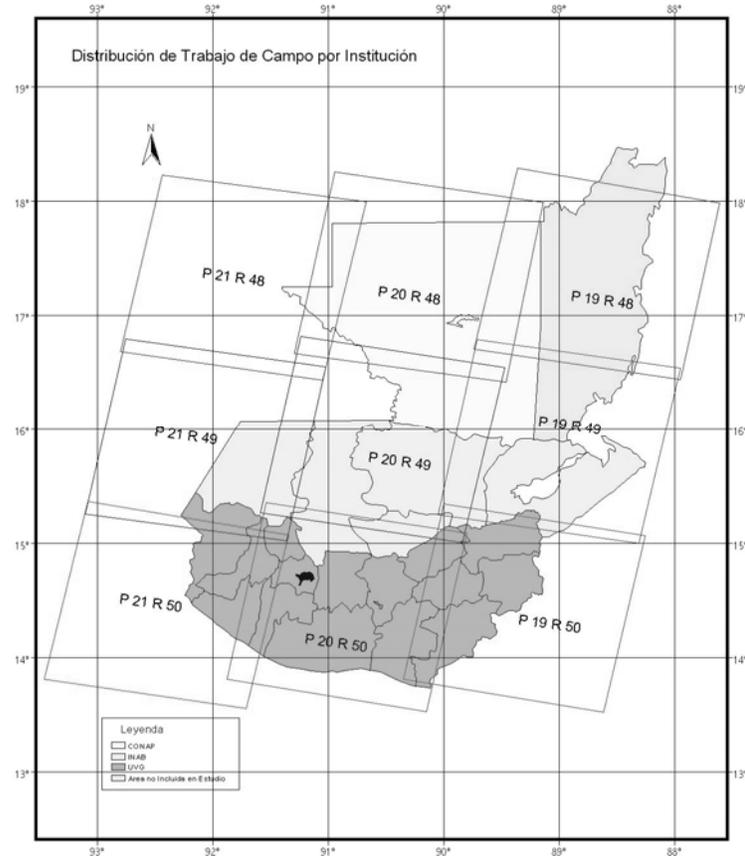


Figura 3: Mapa de la distribución del trabajo de campo

#### 5.4 DISTRIBUCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES DIGITALES ENTRE LAS INSTITUCIONES

El mapa de cobertura forestal de 2001 se llevó a cabo con la participación del CONAP, INAB, MAGA y UVG. En la segunda etapa del proyecto en la que se analizó la dinámica de la cobertura forestal 1991/93- 2001 no participó el MAGA.

La distribución para el procesamiento de las imágenes de satélite se realizó de la siguiente manera: el CONAP se encargó del departamento de Petén, el INAB se encargó de procesar la cobertura de las escenas Landsat 2149 y 2049, y la UVG se encargó del resto del país. Esta distribución del trabajo de laboratorio se muestra en la Figura 4.

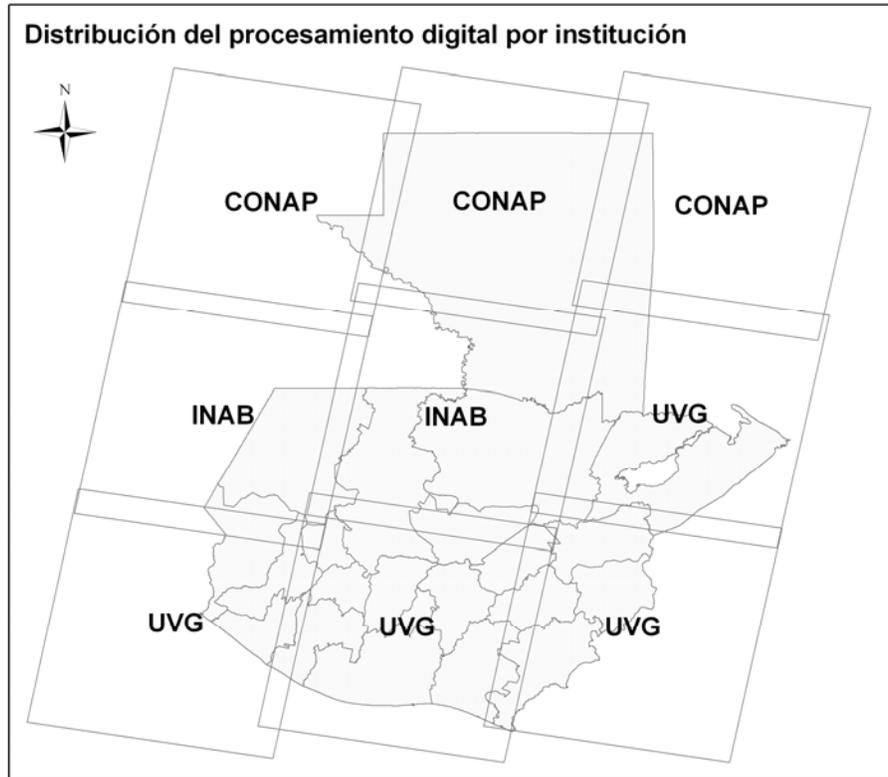


Figura 4: Distribución de procesamiento de imágenes

## 5.5 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Las imágenes seleccionadas fueron sometidas a un tratamiento preliminar para poder ser empleadas en los procesos de análisis digital. Posteriormente se realizó la clasificación de las mismas, consistente en una “clasificación no supervisada” por medio del procedimiento denominado isodata en el software Imagine. Este procedimiento agrupa los píxeles de la imagen que tienen rangos de reflectancia similares (es decir, píxeles con colores similares) en el número de clases requerido. Seguidamente, se agruparon estas clases en las categorías de áreas con cobertura forestal, áreas sin cobertura forestal, sombras y nubes con base en diversas fuentes, luego se validaron los resultados contra datos de campo y fotografías aéreas.

En la primera fase del proyecto se realizó una clasificación no supervisada de las imágenes de 2001 y se generó el Mapa de Cobertura Forestal de la República de Guatemala 2001. En la segunda fase del proyecto se clasificaron las imágenes de 1991/93 y 1996.

La cobertura forestal de las imágenes correspondientes al año 2001 fue establecida aplicando un isodata a cada imagen, mientras que para los años 1991/93 y 1996 se dividió cada imagen en dos secciones correspondientes a la superficie cubierta por bosque y sin bosque del año 2001 aplicando la técnica de máscara de bosque y no bosque que se describe más adelante. A estas secciones se aplicó el algoritmo isodata con 100 clases de la misma manera que para las imágenes del 2001, determinándose de esta manera la dinámica de cobertura forestal buscada.

Para hacer el análisis de cambio se procesó por separado el departamento de Petén, donde se empleó la técnica del Índice normalizado de vegetación, NDVI.

A la capa de cambios entonces determinada se aplicó un filtro para eliminar las zonas de un tamaño menor al mínimo establecido de 0.5 hectáreas.

### 5.5.1 Tratamiento preliminar de imágenes

El tratamiento preliminar consistió en hacer una corrección geométrica y radiométrica para lo que se empleó programa ERDAS Imagine 8.7.

#### A. Corrección geométrica

Con el objetivo de poder comparar las imágenes satelitales de los diferentes años, estas deben corresponderse píxel a píxel. Para esto se debe asignar una referencia geográfica (georreferenciación) a las imágenes y corregir las deformaciones debidas a las características del terreno y a la geometría del sensor. Para realizar la corrección geométrica se necesitó contar con una imagen de referencia, contra la cual ajustar las demás. Las imágenes del 1991 y 1996 fueron corregidas geométricamente en función de aquellas del 2001, las cuales fueron corregidas contra hojas cartográficas escaneadas y referenciadas. Para lograr esto se seleccionan puntos en común en las imágenes y se aplicó la función respectiva de corrección geométrica de ERDAS Imagine 8.7

El sistema de coordenadas empleado para la georreferenciación de las imágenes fue geográfico WGS 84. La estimación de áreas se llevó a cabo en el sistema de coordenadas proyectado UTM Zona 15 WGS 84.

Luego de realizar la corrección geométrica se determinó de manera visual que la mayoría de los pixeles tenían un corrimiento menor a un pixel respecto a la imagen de referencia; sin embargo en algunas regiones de las imágenes, en especial en las esquinas, se identificó un corrimiento de entre 3 y 6 pixeles.

#### B. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica reduce los efectos de variabilidad de la iluminación proveniente del sol y de la cantidad de luz detectada debido al envejecimiento del sensor. Este proceso también amplía los rangos de absorbancia de la imagen, haciéndola más clara en cuanto a la información que aporta, por lo que se facilita la interpretación. Las imágenes empleadas en este proyecto (ver Cuadro 3) muestran diferencias radiométricas debido a que provienen de diferentes satélites (Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7); a pesar de que todas las imágenes son de época seca, diciembre a marzo, se observa un efecto por variación fenológica en los bosques. Se buscó compensar estas diferencias radiométricas aplicando un factor de rango de corrección radiométrica diferente para cada imagen, buscando que los puntos que se asumieron sin cambio (bosques primarios, ciudades) mostraran valores de reflectancia similares. Esto permite la comparación entre imágenes del mismo año de diferentes regiones e imágenes de un lugar en años distintos.

A continuación se presentan los factores de rango de corrección radiométrica empleados para cada una de las imágenes:

**CUADRO 3. Factores de corrección empleados en las imágenes de satélite**

Año	2001	1996	1991/93
Fecha	16.01.01	15.03.96	19.02.90
Satélite	7	5	4
Factor	700	600	700

Año	2001	1996	1991/93
Fecha	31.12.00	11.01.96	4.03.92
Satélite	7	5	5
Factor	700	700	600

Cuadro 3. Continuación

<b>Imagen Cobán p20r49</b>				<b>Imagen Guatemala p20r50</b>			
Año	2001	1996	1991/93	Año	2001	1996	1991/93
Fecha	30.03.01	21.02.96	16.03.93	Fecha	8.12.01	21.02.96	19.01.90
Satélite	7	5	5	Satélite	7	5	5
Factor	600	600	600	Factor	700	600	600

<b>Imagen Izabal p19r49</b>				<b>Imagen Chiquimula p19r50</b>			
Año	2001	1996	1991/93	Año	2001	1996	1991/93
Fecha	31.03.01	17.03.96	17.03.93	Fecha	31.03.01	17.03.96	4.03.91
Satélite	5	5	4	Satélite	5	5	5
Factor	500	500	600	Factor	500	500	500

### 5.5.2 Clasificación y comparación de imágenes

Se realizó una clasificación no supervisada, empleando el programa ERDAS Imagine 8.7, el cual utiliza el algoritmo isodata. Se agruparon los píxeles de cada imagen en 100 clases. Estas clases fueron agrupadas en las categorías mostradas en el siguiente cuadro. Para decidir a que categoría correspondía cada grupo se emplearon diversos insumos tales como el conocimiento del terreno de los miembros del equipo, fotografías aéreas, datos de campo, entre otros.

**CUADRO 4. Categorías de clasificación de las imágenes**

1. Bosque	5. Agua
2. No Bosque	6. Sombra
3. Confusas 1 *	7. Nubes
4. Confusas 2 *	

\* Clases que incluían diferentes categorías; fueron clasificadas en un segundo isodata

#### A. NDVI's

El Índice normalizado de vegetación está dado por la fórmula:  $[(\text{banda } 4 - \text{banda } 3) / (\text{banda } 4 + \text{banda } 3)]$ . Resulta útil para evaluar cambios de vegetación en imágenes de la misma área y de años distintos. Por lo general se genera el NDVI en cada una de las imágenes para las que interesa analizar la dinámica de la vegetación, y luego se realiza una resta aritmética entre ambos NDVI's. Al hacer esto se obtiene una imagen cuyos píxeles presentan una serie de valores alrededor de cero, el cual corresponde a los píxeles en donde el índice NDVI no ha cambiado en el tiempo, y por lo tanto tampoco la cobertura vegetal. Los valores más altos, en valor absoluto corresponden a cambios mayores en la cobertura forestal.

Los resultados de esta metodología fueron distintos dependiendo del área; por ejemplo en el altiplano este índice no funcionó ya que los cambios de cobertura no son muy drásticos, en estas áreas ocurren cambios progresivos. Sin embargo en Petén donde se destruyen grandes extensiones de bosques para convertirlos a áreas agrícolas o ganaderas, estos cambios son obvios y se detectan más fácilmente con esta metodología.

#### B. Máscara de bosque y no bosque

Esta técnica consiste en extraer de una imagen una sección correspondiente a una región de otra imagen que posee una característica en particular, esto con el fin de determinar si los píxeles contenidos presentan o no esa característica. Con esta técnica se determinó el incremento y la disminución de cobertura forestal, es decir la dinámica de cambio usando una máscara de bosque

y otra de no bosque. Al juntar las dos máscaras correspondientes al mismo año, en un mosaico, se crea el mapa de cobertura forestal.

*a. Ganancia de la cobertura forestal*

Una vez determinada la superficie cubierta por bosque en el año 2001, se extrajo el área equivalente en la imagen de 1991/93, esta es la máscara de bosque del año 1991-1993, la cual debería corresponder íntegramente a bosque, si no hubiese habido ningún cambio. Todo aquello identificado como no bosque dentro de esta máscara corresponde a un incremento en la cobertura forestal, es decir terreno donde antes no había bosque, pero ahora sí. La determinación de la cobertura forestal dentro de la máscara se realizó mediante una clasificación no supervisada de 100 clases (Isodata), se hizo un segundo isodata de las áreas confusas y se corrigió manualmente las áreas de nubes y sombras.

*b. Pérdida de la cobertura forestal*

Una vez determinada la superficie sin cobertura forestal en el año 2001 (categoría no bosque), se extrajo el área equivalente en la imagen de 1991/93, esta es la máscara de no bosque del año 1991/93, la cual debería corresponder íntegramente a terreno sin cobertura forestal si no hubiese ningún cambio. Todo aquello identificado como bosque dentro de esta máscara corresponde a una disminución de la cobertura forestal, es decir terreno donde antes había bosque, pero ahora ya no. La determinación de la cobertura forestal dentro de la máscara se realizó mediante una clasificación no supervisada de 100 clases (Isodata), se hizo un segundo isodata de las áreas confusas y se realizaron modificaciones manuales en las áreas de nubes y sombras.

El procedimiento realizado se presenta a continuación:

1. Generación de máscaras de bosque y no bosque utilizando imágenes del año 2001 como base
2. Elaboración del isodata de 100 clases para cada máscara
3. Interpretación de las 100 clases del isodata
4. Recodificación del raster de acuerdo a las 7 clases definidas previamente
5. Elaboración de una máscara de las clases confusas
6. Interpretación de las 100 clases del isodata de confusas
7. Recodificación del raster de acuerdo a las 7 clases definidas previamente
8. Mosaico de los rasters para obtener la cobertura de bosque y no bosque del año de estudio
9. Edición manual en las áreas de nubes, sombras y cuerpos de agua
10. Mosaico de las 9 imágenes que cubren todo el país para obtener la cobertura de cambios. Se utilizó el orden mostrado en la Figura 5.

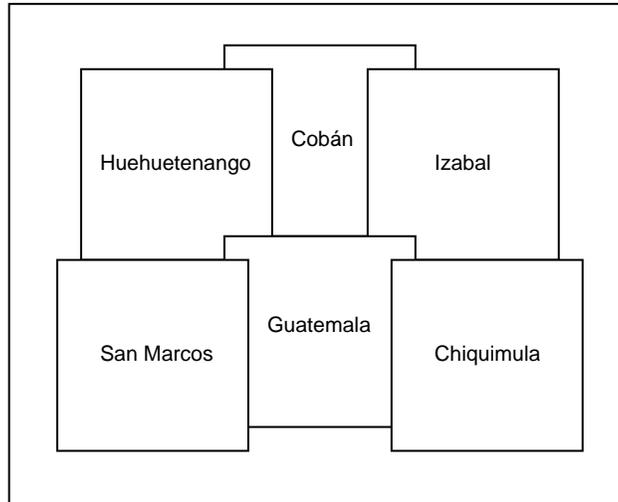


Figura 5: Orden de las imágenes en el mosaico

Una vez determinadas las capas de cambio, estas fueron contrastadas con las imágenes originales, encontrándose que había regiones, especialmente en los bordes de las áreas de cambio, en donde la asignación de categorías estaba errada. Para corregir esto se procedió a juntar las capas de cambio en un mosaico con el propósito de conseguir una imagen clasificada del año 1991/93. Al comparar esta con la clasificación del 2001 se consiguió una capa de cambios mas ajustada a las imágenes satelitales originales.

### C. Suma de Ráster

Para ajustar la dinámica de cambio de cobertura forestal se comparó el valor los píxeles entre las imágenes de las clasificaciones generadas para el año 1991/93 y 2001. Para esto se asignó un valor a cada píxel en función de la categoría a la que pertenecía, los cuales se muestran en el Cuadro 5.

**CUADRO 5. Valor del píxel de acuerdo al año y a la cobertura**

Año	Valor del píxel	
	Bosque	Sin bosque
1991/93	1	2
2001	10	20

Cada clasificación es un ráster, cuyos píxeles pertenecen a alguna categoría y a cada categoría le corresponde un valor; al sumar los ráster se suman estos valores entre los píxeles de las imágenes, obteniéndose un valor interpretable. En este estudio se sumaron los rásters correspondientes a los dos años de interés, obteniéndose una imagen, cuyos píxeles presentaban alguno de los valores que se muestran en el Cuadro 6 y representaban lo indicado en el mismo cuadro.

### CUADRO 6. Valores de píxeles para la imagen de cambios.

Valor	Interpretación
11	Con cobertura boscosa en la última década
12	Recuperación de la cobertura boscosa en la última década
21	Pérdida de la cobertura boscosa en la última década
22	Sin cobertura boscosa en la última década

Una de las desventajas de sumar las dos capas de información de dos años es la presencia de píxeles con información incompleta, en uno de los dos años considerados (este es el caso de regiones con nubes o sombra en alguna de las fechas consideradas), reduciendo así las áreas con información útil para la determinación de la dinámica de cobertura forestal.

#### *D. Generación de máscaras de ganancia y pérdida de bosque*

Estas máscaras fueron utilizadas para hacer una segunda clasificación del 2001 de las zonas con cambios confusos; de esta forma se pudo eliminar falsos cambios por errores en la interpretación de las imágenes y presentar cambios de cobertura más apegados a las imágenes originales.

Esta segunda revisión implicó la modificación de las coberturas forestales de 2001. Por este motivo el Mapa de Cobertura Forestal de la República de Guatemala de 2001 publicado en 2004 fue modificado.

#### *E. Filtrado*

Una vez que se determinó la capa de cambios, se procedió a realizar un filtrado para eliminar los grupos de píxeles menores a 0.5 ha. Con esto se consiguió eliminar los cambios irreales debidos a georreferenciación. Esto generó la capa de cambios final y permitió refinar la cobertura forestal del año 2001.

#### *F. Interpretación de las imágenes 1996*

Para ampliar la información de dinámica forestal se decidió tomar como año intermedio 1996. Para la interpretación de dichas imágenes se empleó la cobertura de dinámica forestal 1991/93 – 2001 y se elaboraron las siguientes máscaras

1. Máscara de bosque, para determinar las áreas en las que hubo bosque en la última década, esta máscara sirve para determinar si el bosque se sufrió alteraciones antes o después del año 1996.
2. Máscara de no bosque, para determinar las áreas en las que no hubo bosque en la última década, esta máscara sirve para determinar si las áreas sin bosque sufrieron alteraciones sin alteraciones antes o después del año 1996.
3. Máscara de ganancias, para determinar el período en que ocurrió el cambio, antes o después del año 1996.
4. Máscara de pérdidas, para determinar el período en que ocurrió el cambio, antes o después del año 1996.

### 5.5.3 Herramientas complementarias para la clasificación

Otra de las fuentes de información empleadas fueron las imágenes LANDSAT e IRS usadas en la elaboración del Mapa de Uso de la Tierra 2003, elaborado por el MAGA junto con otras instituciones. En las clasificaciones de imágenes logradas para ese mapa, se identifican las áreas de café y hule que fueron utilizadas para reclasificar algunas de las áreas inicialmente clasificadas como con cobertura forestal en el mapa de dinámica forestal. A pesar de que se trató de lograr la mayor convergencia entre las áreas forestales y no forestales representadas por ambos mapas, la

dificultad de clasificación de áreas de café con sombra hacen que ambos mapas muestren diferencias en cobertura forestal, especialmente en regiones cafetaleras.

## 5.6 ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE ERROR DE LA CLASIFICACIÓN

### 5.6.1 Validación del mapa de cobertura forestal 2001

Se utilizaron las parcelas del Inventario Nacional Forestal realizado por FAO/INAB con las cuales se determinó el porcentaje de error de las interpretaciones del mapa de cobertura forestal 2001.

### 5.6.2 Validación de la clasificación del año 1991/93

Se generaron 250 puntos de tipo de cobertura a partir de fotografías aéreas de 1987 y 1991 para poder estimar el porcentaje de error en la interpretación de las imágenes de 1991/93.

## 5.7 ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE CAMBIO

Para calcular la tasa de deforestación anual hay que tomar en cuenta que las imágenes satelitales empleadas no corresponden todas al mismo año. Se tomó como base el año 1991/93.

La tasa de deforestación anual para toda Guatemala se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de deforestación anual} = 100 * \text{Cambio anual} / \text{Bosque}_{1991/93}$$

La tasa de deforestación anual para cada departamento se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de deforestación anual}_D = 100 * \text{Cambio anual}_D / \text{Bosque}_{1991/93 D}$$

La tasa de deforestación anual para cada municipalidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de deforestación anual}_M = 100 * \text{Cambio anual}_M / \text{Bosque}_{1991/93 M}$$

La cantidad de bosque en el año 1991/93 para cada departamento se calculó sumando las correspondientes a los municipios, de la siguiente manera

$$\text{Bosque}_{1991/93 D} = \sum \text{Bosque}_{1991/93 M}$$

La cantidad de bosque en el año 1991/93 para cada municipio se calculó sumando las correspondientes a cada sección de cada imagen contenida en él, de la siguiente manera:

$$\text{Bosque}_{1991/93 M} = \sum \text{Bosque}_{1991/93 i}$$

El cambio anual de la superficie de bosque se calculó de la misma manera que la superficie de bosque, de la siguiente manera:

$$\text{Cambio Anual} = \sum \text{Cambio Anual}_D$$

$$\text{Cambio Anual}_D = \sum \text{Cambio Anual}_M$$

Para cada municipio el cambio anual fue calculado de la siguiente manera:

$$\text{Cambio Anual}_M = \text{Cambio}_M / T_M$$

$$\text{Cambio}_M = \text{Pérdida}_M - \text{Ganancia}_M$$

Las pérdidas y ganancias se calcularon con las siguientes fórmulas

$$\text{Pérdida}_M = \sum \text{Pérdida}_i$$

$$\text{Ganancia}_M = \sum \text{Ganancia}_i$$

Donde:

**Bosque<sub>1991/93</sub>**: Superficie de Guatemala área cubierta por bosque en el año inicial, 1991/93.

**Cambio Anual**: Cambio en la cobertura forestal en un año, en ha/año

**Cambio**: Cambio en la cobertura forestal entre los años 1991/93 y 2001, en ha.

**Pérdida**: Superficie en donde ha desaparecido la cobertura forestal, su valor se obtiene de la capa de cambios

**Ganancia**: Superficie en donde se ha restaurado la cobertura forestal, su valor se obtiene de la capa de cambios

**T**: intervalo de tiempo entre las fechas de las secciones de las imágenes empleadas, es decir periodo de estudio.

**i**: índice que se refiere a cada sección de una imagen satelital contenida en un municipio

**m**: municipal

**D**: departamental

## **5.8 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL CON RESPECTO A OTROS MAPAS FORESTALES.**

### **5.8.1 Mapa de clasificación de tierras por capacidad de uso, aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala (INAB, 2,000)**

Se determinó y cuantificó los cambios por categoría de capacidad de uso de la tierra en las cuales existió una mayor tasa de cambio durante el periodo de estudio, a través de la tabulación del mapa de cambios y del mapa de capacidad de uso de la tierra.

Complementariamente, se intersecaron los mapas de distribución de fechas de las imágenes utilizadas y el mapa de capacidad de uso de la tierra con lo cual se obtuvo el período de tiempo de estudio, y se estimó la tasa de deforestación anual en cada categoría.

### **5.8.2 Mapa de tierras de captación y regulación hidrológica (INAB, 2,005)**

De la misma manera se determinó y cuantificó los cambios por categoría de captación y regulación hidrológica en las cuales existió una mayor tasa de cambio durante el periodo de estudio, a través de la tabulación del mapa de cambios y del mapa de recarga hidrológica.

También, se intersecaron los mapas de distribución de fechas de las imágenes utilizadas y el mapa de recarga hidrológica con lo cual se obtuvo el período de tiempo de estudio, y se estimó la tasa de deforestación anual en cada categoría.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 RESULTADOS GENERALES

#### 6.1.1 Dinámica de la Cobertura Forestal Nacional

La República de Guatemala en el período **1,991/93** contaba con **5,121,629** hectáreas de bosque. Para el año **2,001** se reportó una cobertura forestal de **4,558,453** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período **1,991/93 – 2,001**, hubo una pérdida de **717,075** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **153,899** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **563,176** hectáreas de bosque, como se muestra en el Cuadro 7.

**CUADRO 7. Cambio neto nacional para el total del período**

	Sin Cambio Bosque (ha)	Sin Cambio no Bosque (ha)	Ganancia (ha)	Pérdida (ha)	Cambio 91/93 - 01 (ha)
Total del país	4,404,554	5,349,428	153,899	-717,075	-563,176

\* Los signos negativos representan pérdidas

La deforestación neta para el país es de **-563,176** hectáreas, equivalente al **-11.0 %** con respecto al bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual nacional es de **-73,148** hectáreas, equivalente al **1.43 %** de los bosques existentes en el período 1,991/93, tal y como se muestra en el Cuadro 8.

**CUADRO 8. Tasa de cambio anual nacional**

	Bosque 91/93 (ha)	Pérdida <sup>1</sup> (%)	Ganancia <sup>1</sup> (%)	Cambio neto <sup>1</sup> (%)	Tasa de Cambio (ha/año)	Tasa anual <sup>1</sup> (%)
Total del país	5,121,629	14.00	3.00	-11.0	-73,148	-1.43

\* Los signos negativos representan pérdidas

<sup>1</sup> Respecto del bosque existente en el año inicial de estudio

Esta tasa de deforestación anual, equivale a decir que en el país se pierden **280** canchas de fútbol de medidas oficiales (105 x 68) al día.

Una descripción de los datos para el cálculo de las tasas departamentales, para el total del período en estudio se presenta en los Cuadros 9 y 10.

El Mapa 1 muestra los cambios de cobertura forestal a nivel nacional.

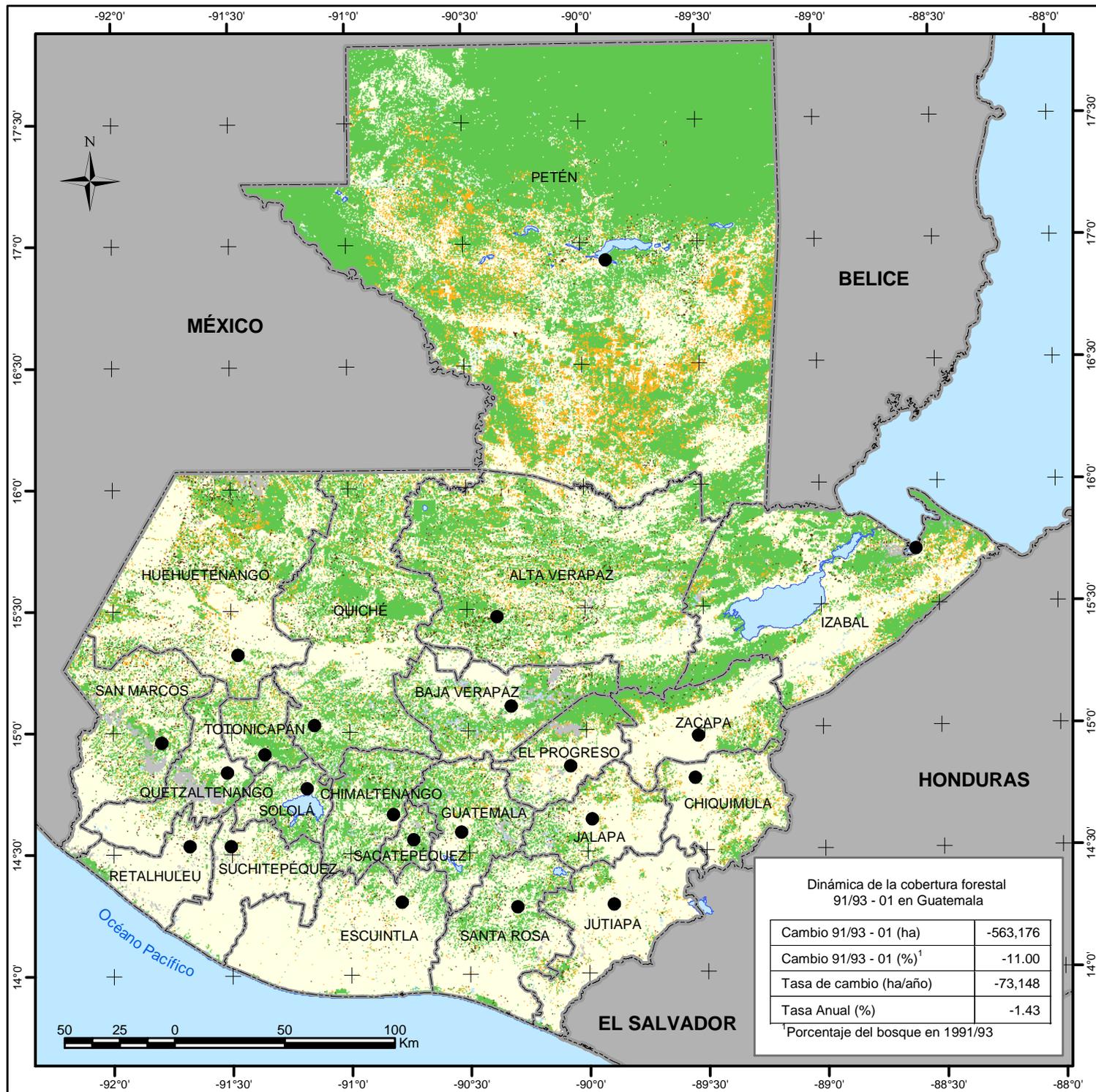
**CUADRO 9. Cambio neto departamental para el total del período**

Departamento	Sin Cambio Bosque (ha)	Sin Cambio no Bosque (ha)	Ganancia (ha)	Pérdida (ha)	Cambio 91/93 – 01 (ha)
Alta Verapaz	433,663	515,596	27,186	77,476	-50,290
Baja Verapaz	110,530	145,315	6,302	14,709	-8,408
Chimaltenango	87,854	83,214	4,307	5,919	-1,612
Chiquimula	40,529	179,512	3,080	17,468	-14,388
El Progreso	51,278	109,636	2,104	10,446	-8,342
Escuintla	36,568	400,717	2,914	6,476	-3,561
Guatemala	81,333	114,804	4,999	8,171	-3,173
Huehuetenango	189,344	453,996	24,152	55,117	-30,966
Izabal	323,550	351,123	7,653	49,472	-41,819
Jalapa	39,843	146,008	3,561	10,752	-7,190
Jutiapa	25,278	288,511	2,710	10,551	-7,842
Petén	2,279,068	931,183	14,542	345,575	-331,034
Quetzaltenango	43,823	140,926	4,433	5,249	-816
Quiché	291,720	368,493	16,164	44,798	-28,634
Retalhuleu	11,379	148,683	1,700	1,298	401
Sacatepéquez	22,552	26,302	1,494	1,422	72
San Marcos	83,420	222,649	12,460	16,386	-3,926
Santa Rosa	68,090	229,508	5,263	7,954	-2,691
Sololá	42,120	54,482	2,645	2,658	-13
Suchitepéquez	21,262	209,528	1,926	3,416	-1,490
Totonicapán	44,887	54,524	1,156	6,425	-5,268
Zacapa	76,462	174,719	3,150	15,337	-12,188
<b>Total del país</b>	<b>4,404,554</b>	<b>5,349,428</b>	<b>153,899</b>	<b>717,075</b>	<b>-563,176</b>

**CUADRO 10. Tasa de cambio anual departamental**

Departamento	Bosque 91/93 (ha)	Pérdida <sup>1</sup> (%)	Ganancia <sup>1</sup> (%)	Cambio neto <sup>1</sup> (%)	Tasa de Cambio (ha/año)	Tasa anual <sup>1</sup> (%)
Alta Verapaz	511,140	15.16	5.32	-9.84	-6,256	-1.22
Baja Verapaz	125,240	11.74	5.03	-6.71	-803	-0.64
Chimaltenango	93,773	6.31	4.59	-1.72	-149	-0.16
Chiquimula	57,997	30.12	5.31	-24.81	-1,429	-2.46
El Progreso	61,724	16.92	3.41	-13.51	-793	-1.29
Escuintla	43,044	15.04	6.77	-8.27	-330	-0.77
Guatemala	89,505	9.13	5.58	-3.54	-294	-0.33
Huehuetenango	244,462	22.55	9.88	-12.67	-3,091	-1.26
Izabal	373,022	13.26	2.05	-11.21	-5,197	-1.39
Jalapa	50,594	21.25	7.04	-14.21	-718	-1.42
Jutiapa	35,829	29.45	7.56	-21.89	-778	-2.17
Petén	2,624,643	13.17	0.55	-12.61	-47,412	-1.81
Quetzaltenango	49,072	10.70	9.03	-1.66	-93	-0.19
Quiché	336,518	13.31	4.80	-8.51	-3,301	-0.98
Retalhuleu	12,677	10.24	13.41	3.17	58	0.46
Sacatepéquez	23,974	5.93	6.23	0.30	7	0.03
San Marcos	99,806	16.42	12.48	-3.93	-458	-0.46
Santa Rosa	76,044	10.46	6.92	-3.54	-259	-0.34
Sololá	44,777	5.94	5.91	-0.03	-1	0.00
Suchitepéquez	24,678	13.84	7.80	-6.04	-136	-0.55
Totonicapán	51,312	12.52	2.25	-10.27	-488	-0.95
Zacapa	91,799	16.71	3.43	-13.28	-1,226	-1.34
<b>Total del país</b>	<b>5,121,629</b>	<b>14.00</b>	<b>3.00</b>	<b>-11.00</b>	<b>-73,148</b>	<b>-1.43</b>

<sup>1</sup> Respecto del bosque existente en el año inicial de estudio



**Referencias**

● Cabecera departamental

▭ Límite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

■ Áreas de bosque

■ Áreas sin bosque

■ Ganancia de bosque

■ Pérdida de bosque

■ Sin información

■ Agua

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

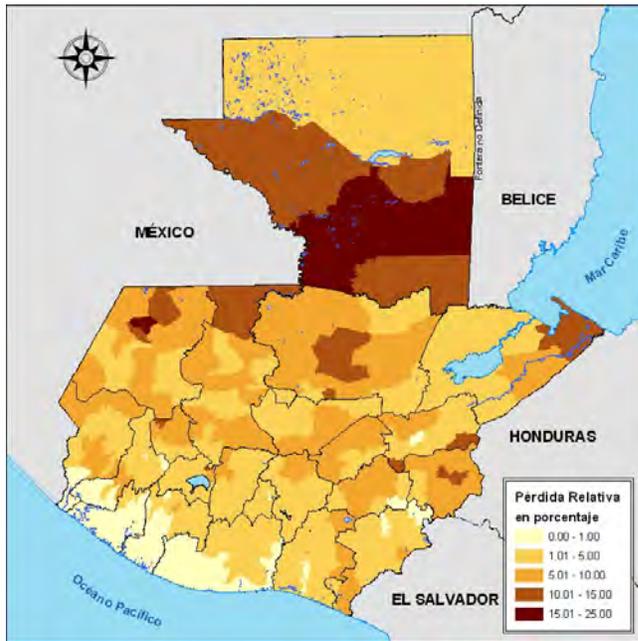


Escala del estudio : 1:50,000

Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984

Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/SUNIL escala 1:250,000  
 Guatemala, noviembre de 2005

A. *Áreas con disminución relativa de cobertura forestal a nivel municipal.*

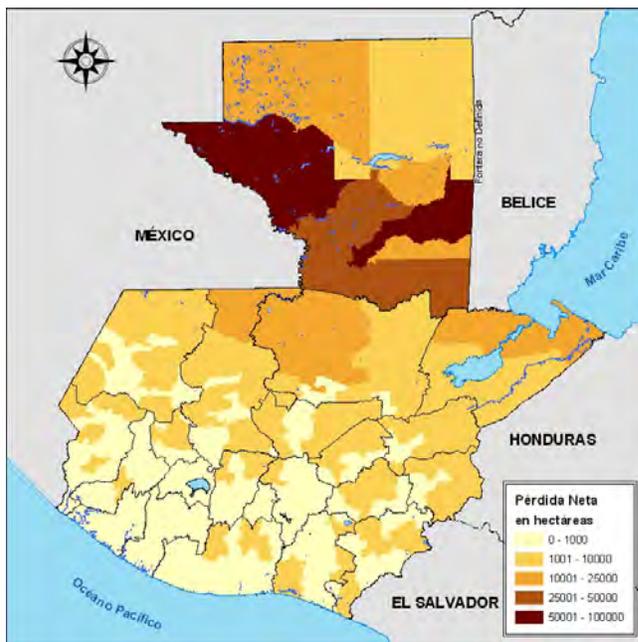


En todos los municipios existieron pérdidas de cobertura boscosa en el período estudiado. Al relacionar estas pérdidas totales con la extensión territorial de cada uno de los municipios\* se puede observar que los municipios de Dolores, Poptun, San Francisco y Sayaxché; del departamento de Petén y San Sebastián Coatan del departamento de Huehuetenango perdieron entre el 15 y 25% de su territorio que estaba cubierto por bosque. El 58% de los municipios principalmente los que se encuentran en la cordillera central del país perdieron entre el 1 y 5% de su territorio que estaba cubierto por bosque.

\*(Las áreas municipales son las delimitadas por el Instituto Geográfico Nacional)

Figura 6: Distribución de pérdidas relativas a nivel municipal

B. *Áreas con disminución neta de cobertura forestal a nivel municipal.*



Las pérdidas netas hacen referencia al total de hectáreas perdidas en el período de estudio. Mediante este análisis se observa que los municipios que más área de cobertura boscosa perdieron fueron los municipios de La Libertad y Dolores del departamento de Petén. Existe un segundo grupo con pérdidas menores que el anteriormente descrito, éste está compuesto por los municipios del sur del Petén. Un tercer grupo está compuesto por los municipios al norte de Quiché, Alta Verapaz e Izabal, así como los municipios de Poptún, Santa Ana y San Andrés del departamento de Petén. En el resto de municipios del país las áreas de pérdida de cobertura boscosa reportadas están en las categorías más bajas, debido principalmente a la poca extensión territorial de la mayoría de los mismos.

Figura 7: Distribución de pérdidas netas a nivel municipal

C. Área con incremento relativo de cobertura forestal a nivel municipal.



En todos los municipios existieron ganancias de cobertura boscosa en el período estudiado. Al relacionar estas ganancias totales con la extensión territorial de cada uno de los municipios\* se puede observar que solamente en el 11% de los municipios, el bosque se incrementó de entre el 4 y el 10.5% de su territorio.

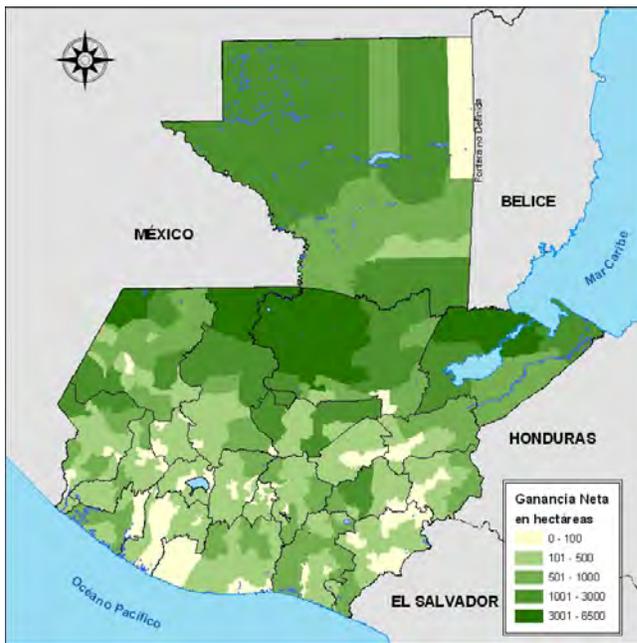
La gran mayoría de municipios, el 64%, tuvo un incremento en su cobertura forestal de entre el 1 y el 4% de su territorio.

Una cuarta parte del país (84 municipios) tuvo un incremento leve de entre el 0.01 y el 1% de su territorio.

\*(Las áreas municipales son las delimitadas por el Instituto Geográfico Nacional).

Figura 8: Distribución de ganancias relativas a nivel municipal

D. Área con incremento neto de cobertura forestal a nivel municipal.



Las ganancias netas hacen referencia al total de hectáreas de bosque recuperadas en el período de estudio. Mediante este análisis se observa que los municipios que más área de cobertura boscosa recuperaron fueron Cobán, San Pedro Carchá, Chisec, Nentón, Ixcán y Livingston. El incremento que se dio en estos municipios estuvo comprendido entre 3,000 y 6,500 hectáreas.

En general se aprecia que los municipios que conforman el norte del país son los en los que más hectáreas de bosque se ha recuperado en el período de estudio, y en menor cantidad los municipios del centro y sur del país.

Figura 9: Distribución de ganancias netas a nivel municipal

### 6.1.2 Tendencia del proceso de las pérdidas y ganancias de bosque.

El proceso de pérdida de bosques a nivel nacional fue mayor en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la Figura 10.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos. En 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la Figura 10 se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

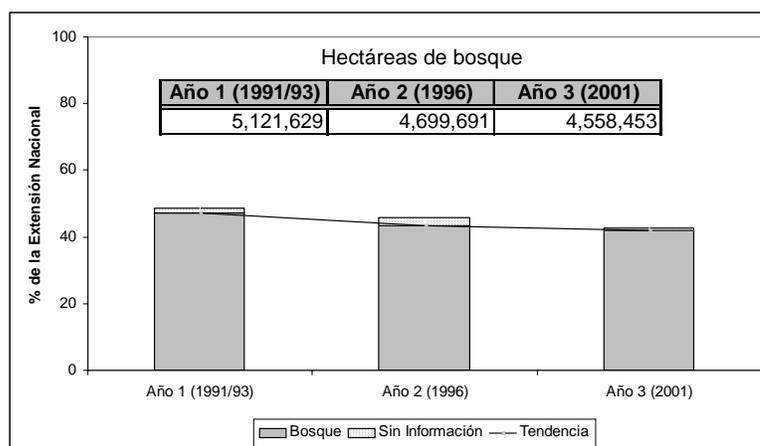


Figura 10: Comparación de la cobertura forestal en los 3 períodos

### 6.1.3 Relación de la deforestación con respecto a otros países.

Al comparar la tasa de deforestación existente en Guatemala, con la que hay en México y Brasil, se obtuvo que en Guatemala se pierde 3.8 veces más bosque que en Brasil y 1.9 veces más que México. Esto debido a que a pesar de que en México y Brasil, la tasa de deforestación es de 700,000 y 1,500,000 ha respectivamente, sus tamaños son mayores que el de Guatemala. Se realizó un análisis relativo, dividiendo la tasa de deforestación dentro de su territorio para obtener el porcentaje del territorio que se pierde anualmente tal y como se observa en la Figura 11.

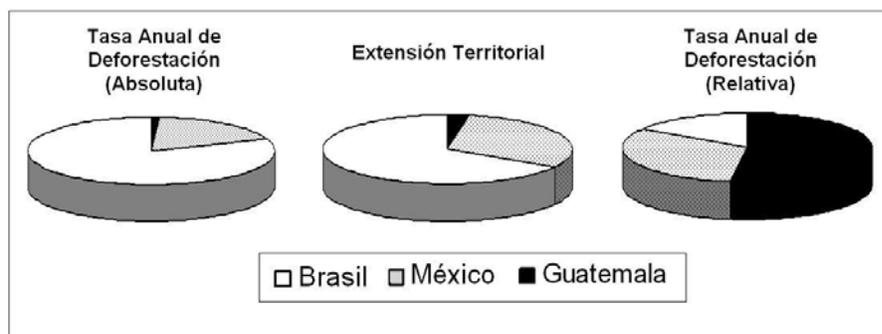


Figura 11: Tendencia del proceso de cambio de bosque

## **6.2 RESULTADOS POR DEPARTAMENTO**

## 6.2.1 Alta Verapaz

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Alta Verapaz** en el período **1,991/93** contaba con **511,140** ha de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **460,849** ha.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **77,476** ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **27,186** ha; teniendo una pérdida neta de **50,290** ha de bosque.

Esas **50,290** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Alta Verapaz**, es equivalente al **9.84%** del bosque que existía en el periodo **1,991/93**. La tasa de deforestación para el departamento de **Alta Verapaz** es de **6,256** ha/año, equivalente al **1.22%** del bosque del período 1,991/93.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la dinámica de la cobertura forestal del departamento en cada uno de los tres años de estudio, así como la tendencia de los cambios ocurridos.

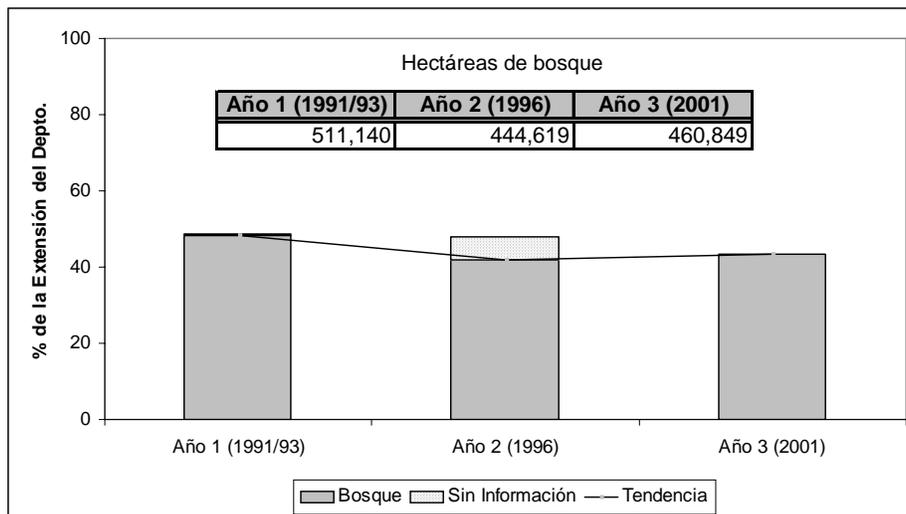
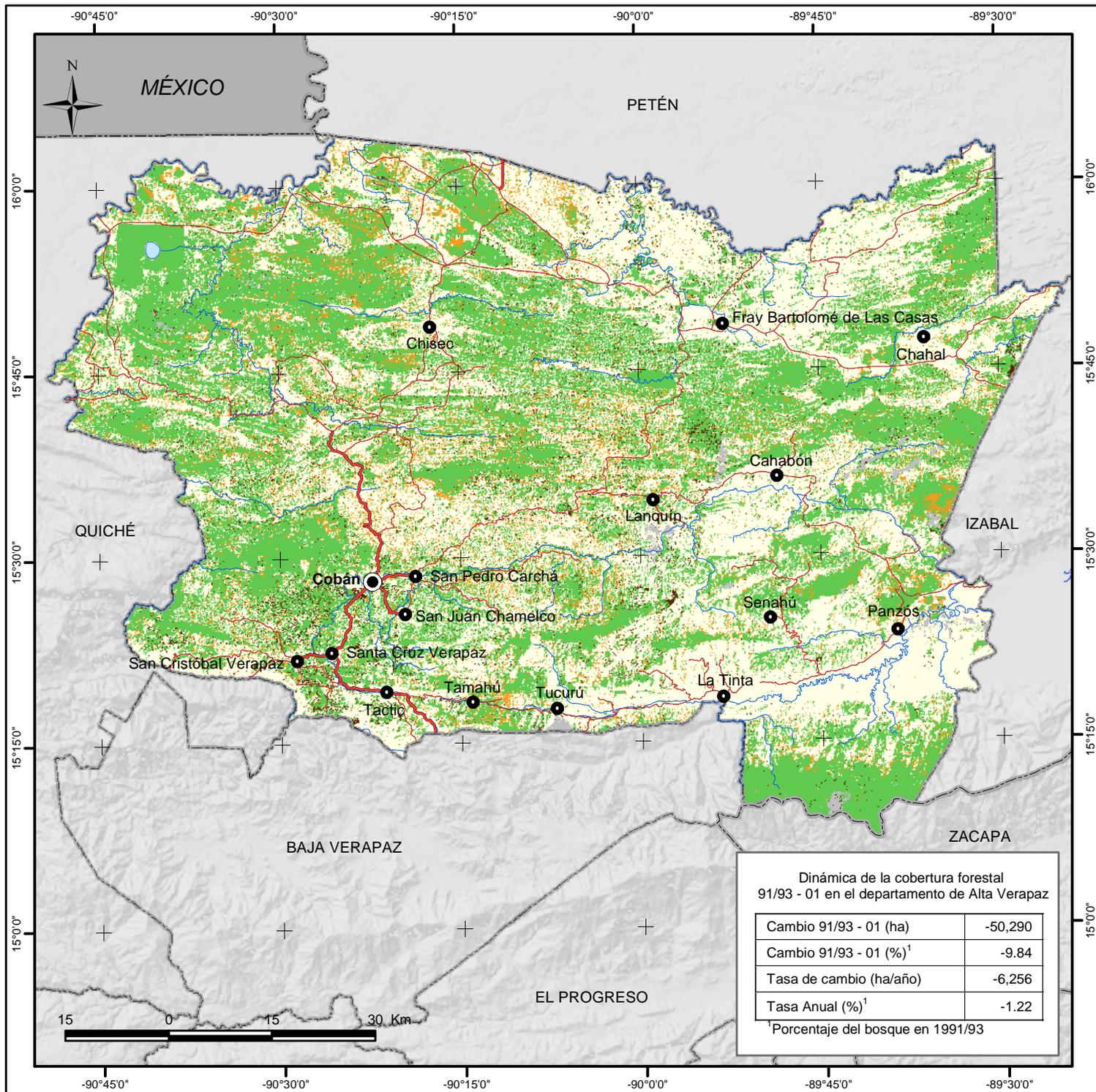


Figura 12: Comparación de la cobertura forestal de Alta Verapaz en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Limite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.2 Baja Verapaz

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Baja Verapaz** en el período **1,991/93** contaba con **125,240** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **116,832** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **14,709** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **6,302** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **8,408** ha de bosque.

Esas **8,408** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Baja Verapaz** es equivalente al **6.71%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Baja Verapaz** es de **803** hectáreas, equivalente al **0.64%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

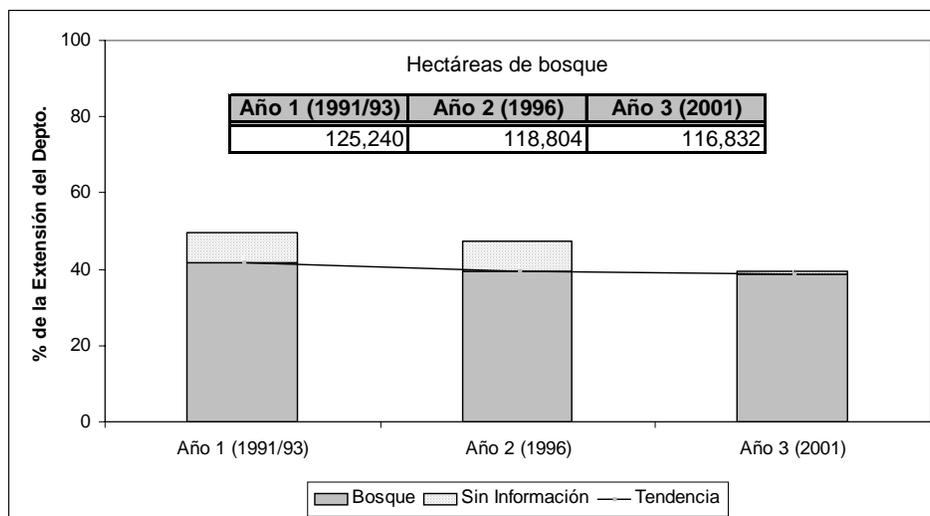
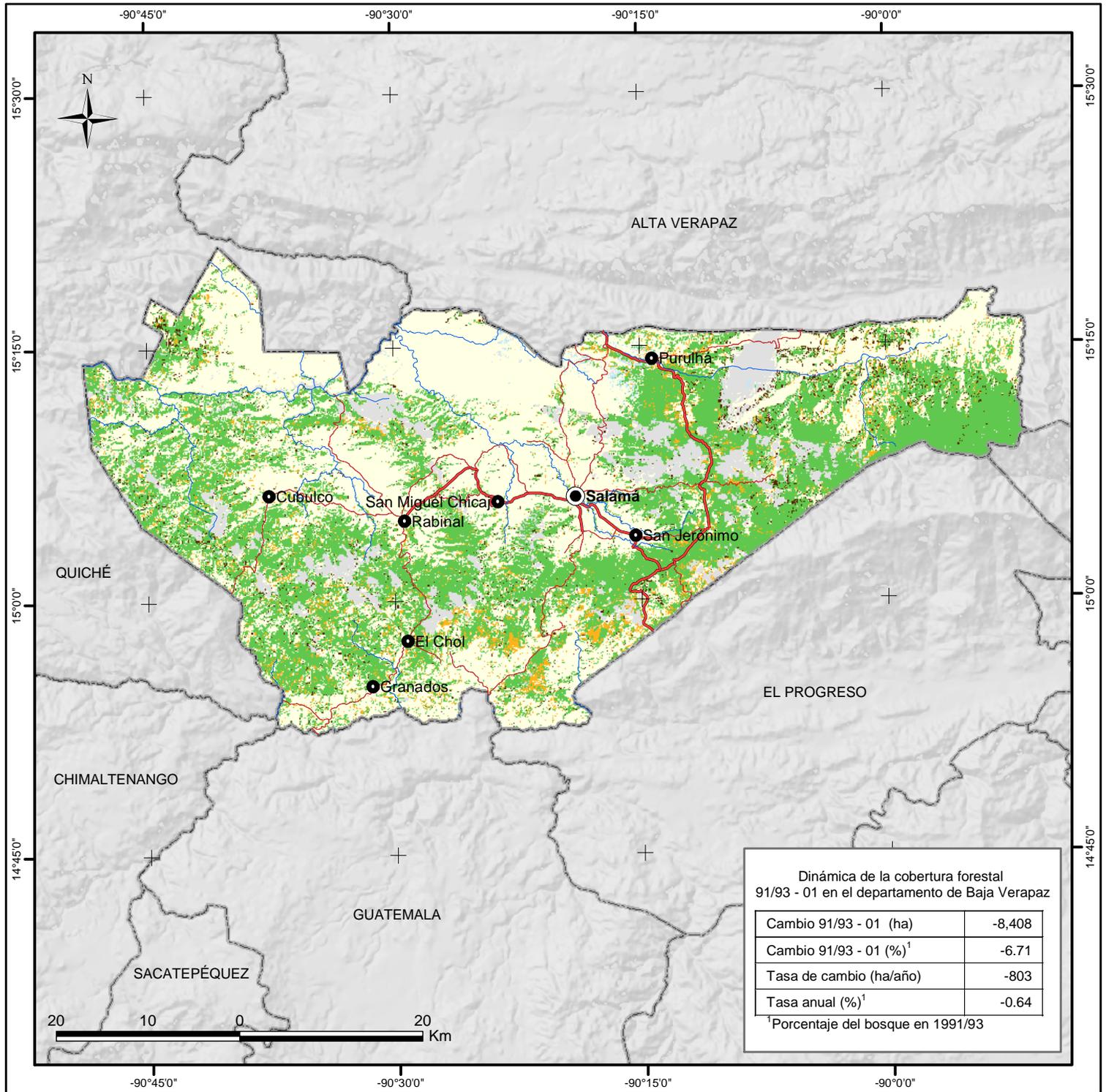


Figura 13: Comparación de la cobertura forestal de Baja Verapaz en los 3 períodos



#### Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

#### Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.3 Chimaltenango

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Chimaltenango** en el período **1,991/93** contaba con **93,773** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **92,161** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **5,919** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **4,307** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **1,612** ha de bosque.

Esas **1,612** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Chimaltenango** es equivalente al **1.72%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Chimaltenango** es de **149** hectáreas, equivalente al **0.16%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

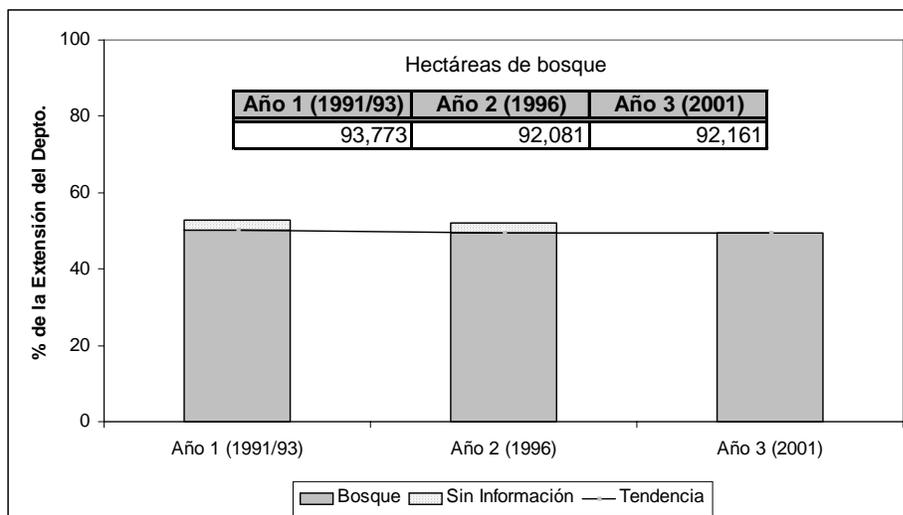
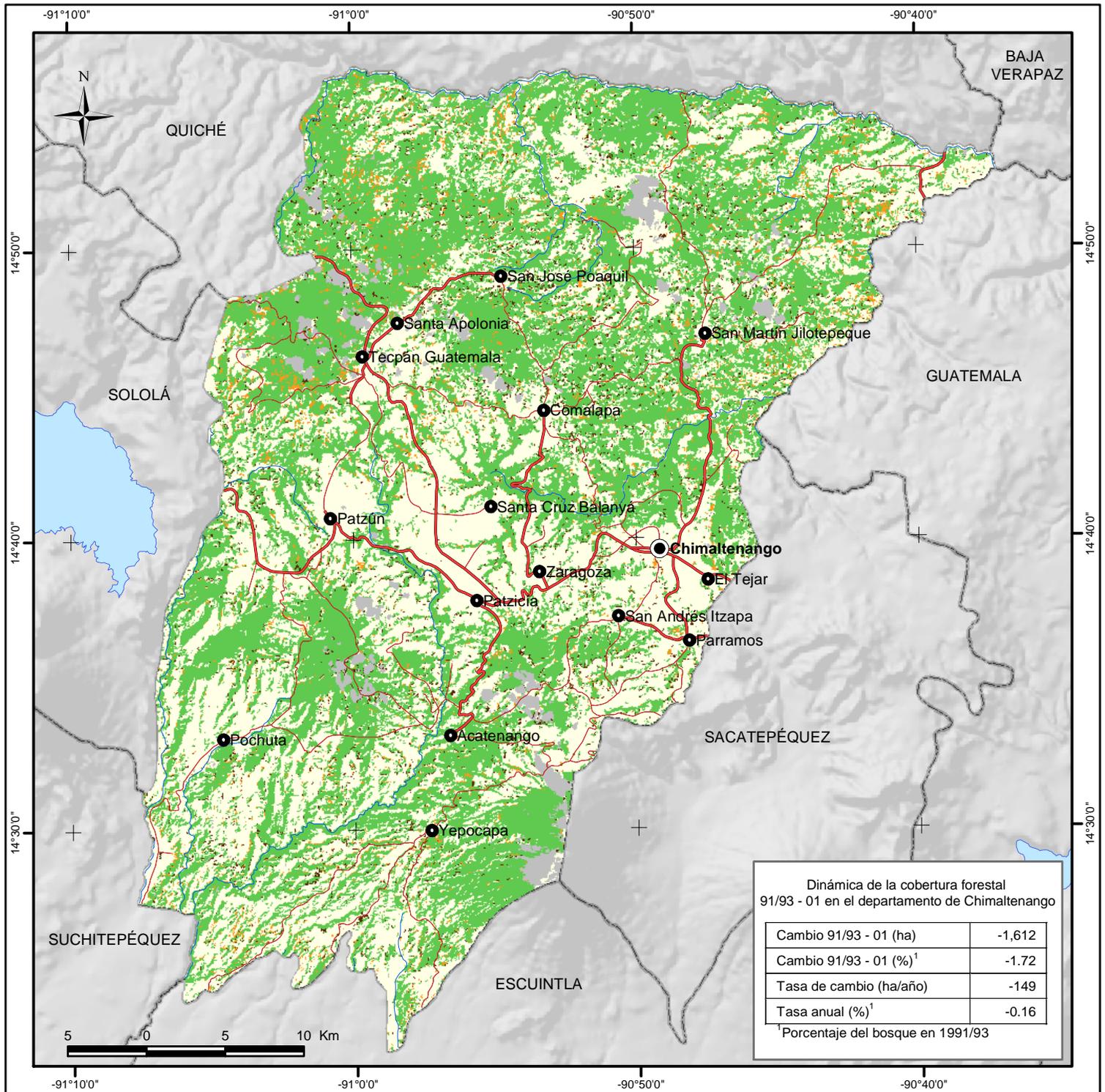


Figura 14: Comparación de la cobertura forestal de Chimaltenango en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.4 Chiquimula

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Chiquimula** en el período **1,991/93** contaba con **57,997** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **43,609** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **17,468** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **3,080** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **14,388** ha de bosque.

Esas **14,388** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Chiquimula** es equivalente al **24.81%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Chiquimula** es de **1,429** hectáreas, equivalente al **2.46%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

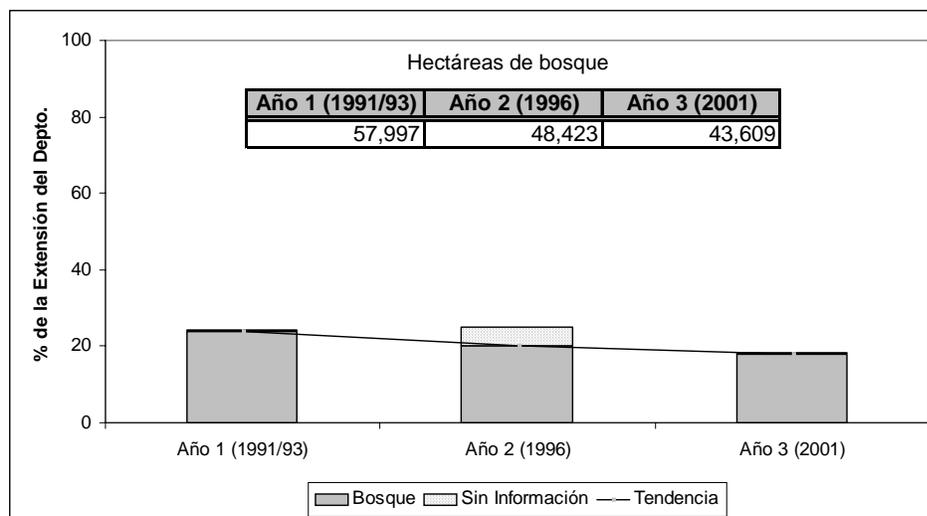


Figura 15: Comparación de la cobertura forestal de Chiquimula en los 3 períodos



#### Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Límite departamental\*

#### Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

Elaborado por:  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.5 El Progreso

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **El Progreso** en el período **1,991/93** contaba con **61,724** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **53,382** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **10,446** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **2,104** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **8,342** ha de bosque.

Esas **8,342** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **El Progreso** es equivalente al **13.51%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **El Progreso** es de **793** hectáreas, equivalente al **1.29%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

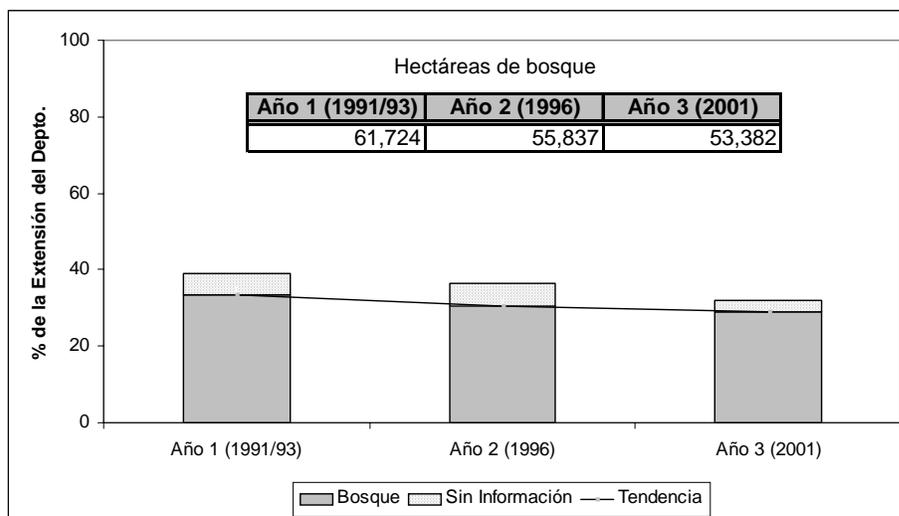
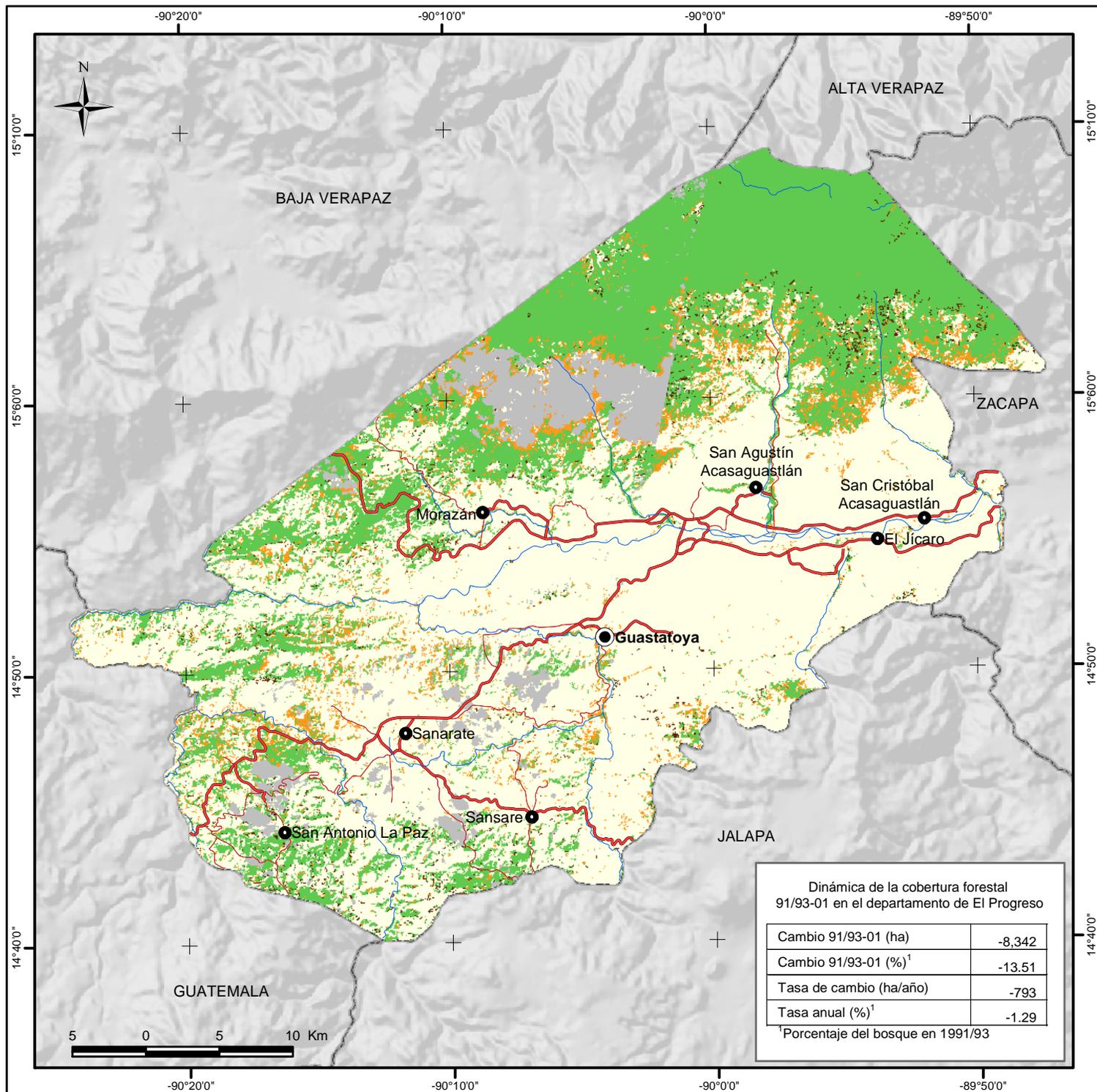


Figura 16: Comparación de la cobertura forestal de El Progreso en los 3 períodos



#### Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Límite departamental\*

#### Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.6 Escuintla

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Escuintla** en el período **1,991/93** contaba con **43,044** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **39,483** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **6,476** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **2,914** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **3,561** ha de bosque.

Esas **3,561** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Escuintla** es equivalente al **8.27%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Escuintla** es de **330** hectáreas, equivalente al **0.77%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

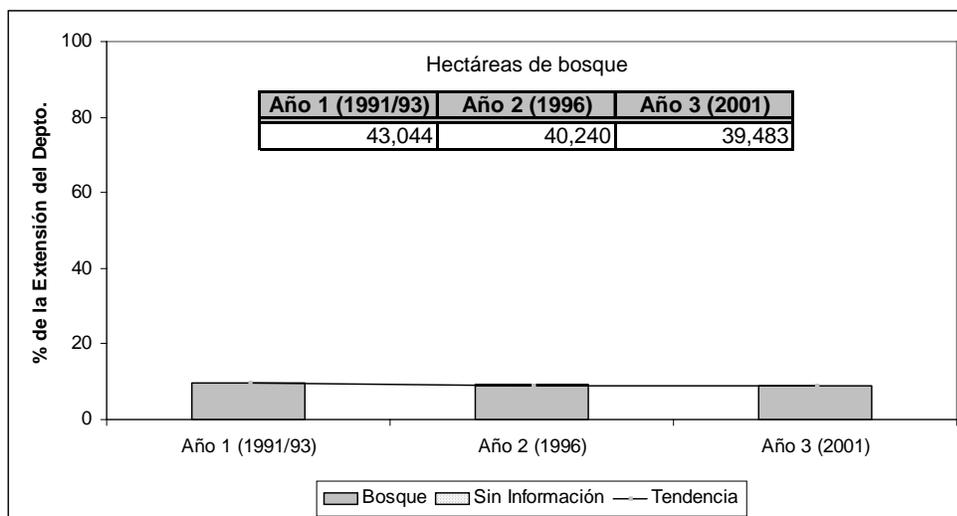
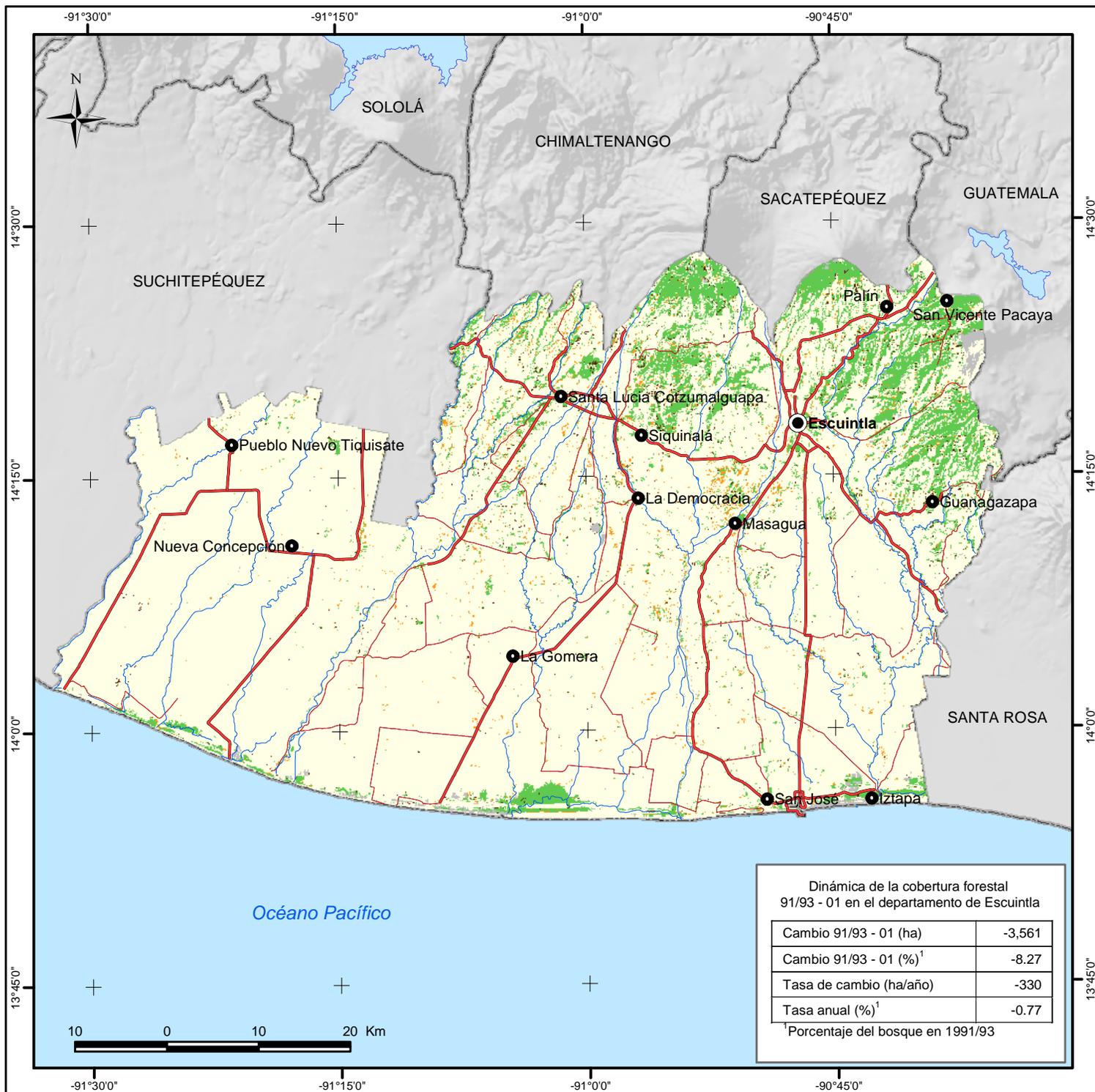


Figura 17: Comparación de la cobertura forestal de Escuintla en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.7 Guatemala

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Guatemala** en el período **1,991/93** contaba con **89,505** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **86,332** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **8,171** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **4,999** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **3,173** ha de bosque.

Esas **3,173** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Guatemala** es equivalente al **3.54%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Guatemala** es de **294** hectáreas, equivalente al **0.33%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

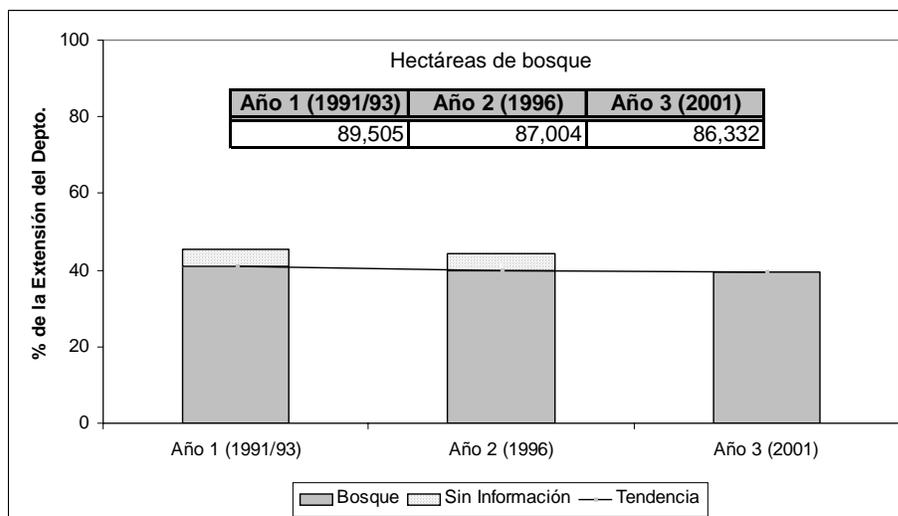
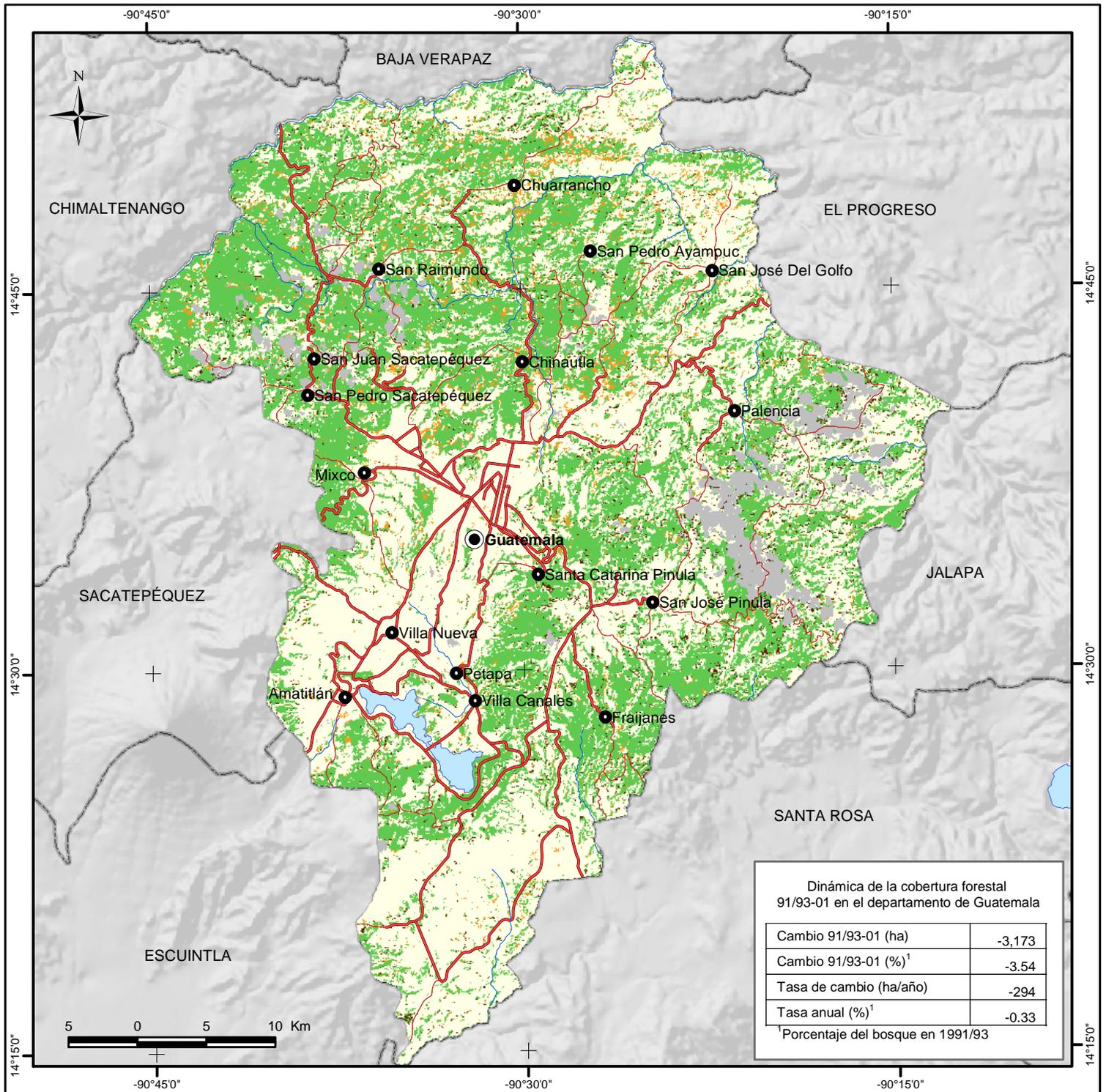


Figura 18: Comparación de la cobertura forestal de Guatemala en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.8 Huehuetenango

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Huehuetenango** en el período **1,991/93** contaba con **244,462** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **213,496** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **55,117** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **24,152** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **30,966** ha de bosque.

Esas La **30,966** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Huehuetenango** es equivalente al **12.67%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Huehuetenango** es de **3,091** hectáreas, equivalente al **1.26%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

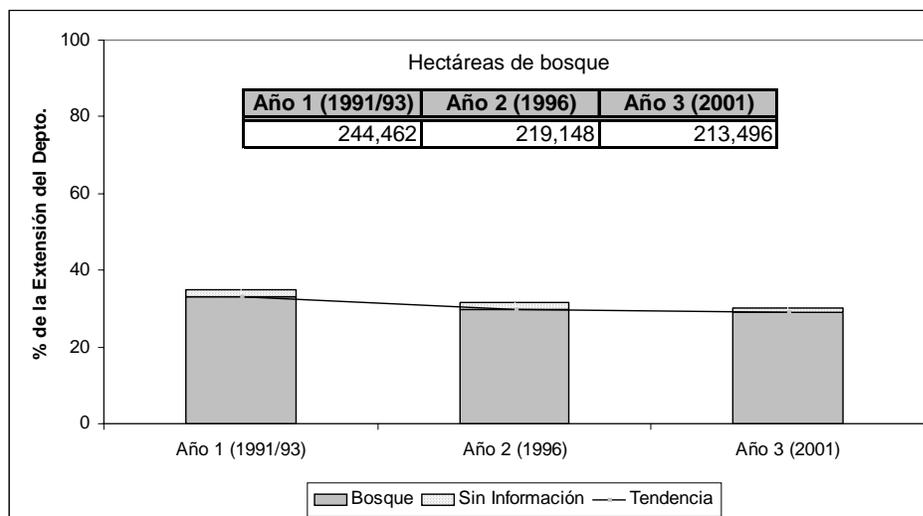
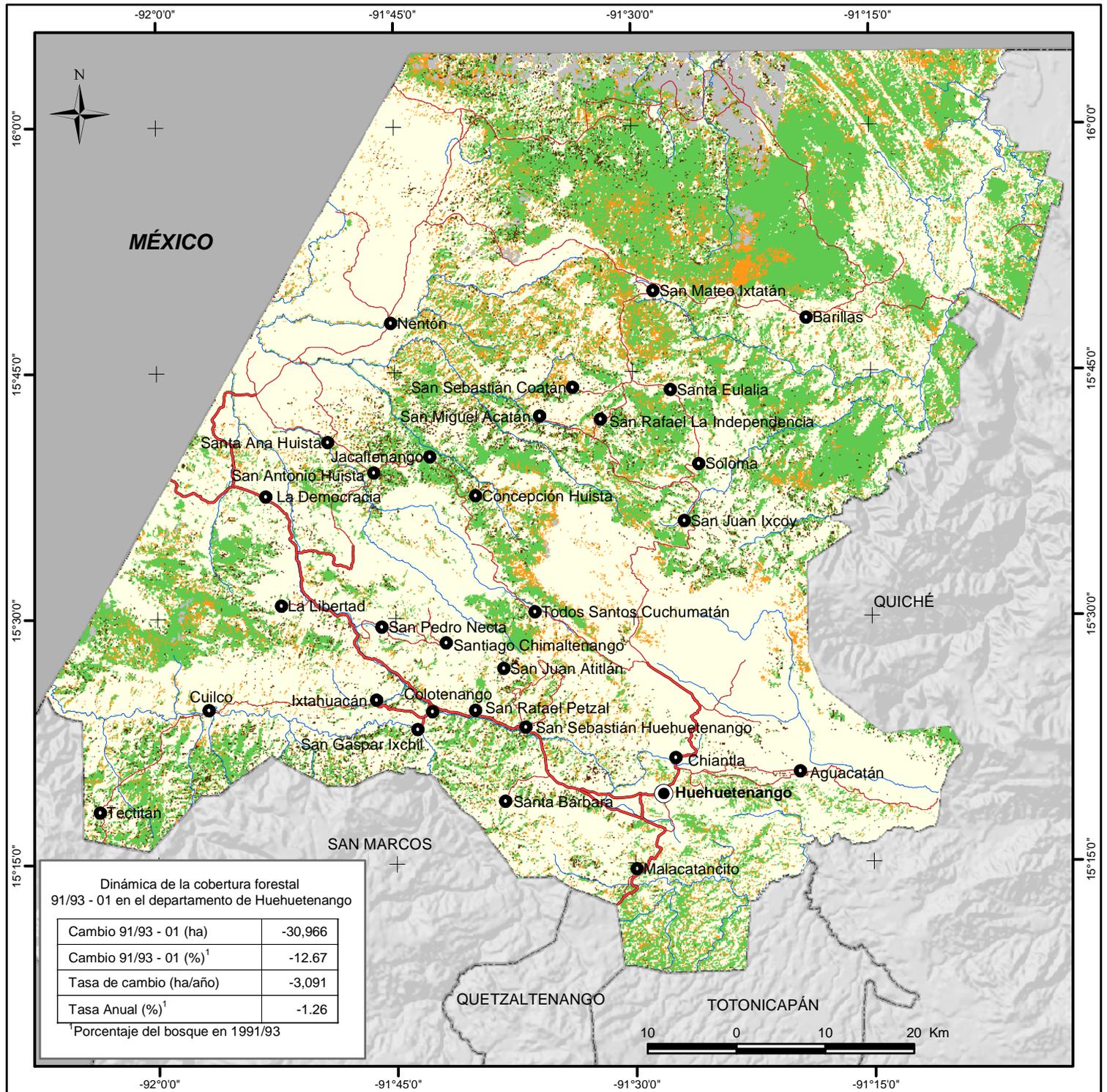


Figura 19: Comparación de la cobertura forestal de Huehuetenango en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Límite departamental\*

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.9 Izabal

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Izabal** en el período **1,991/93** contaba con **373,022** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **331,202** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93-2,001, hubo una pérdida de **49,472** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **7,653** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **41,81,9** ha de bosque.

Esas **41,819** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Izabal** es equivalente al **11.21%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Izabal** es de **5,197** hectáreas, equivalente al **1.39%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

#### b. Tendencia del proceso de pérdida de bosque.

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 2do período (1,996 a 2,001), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

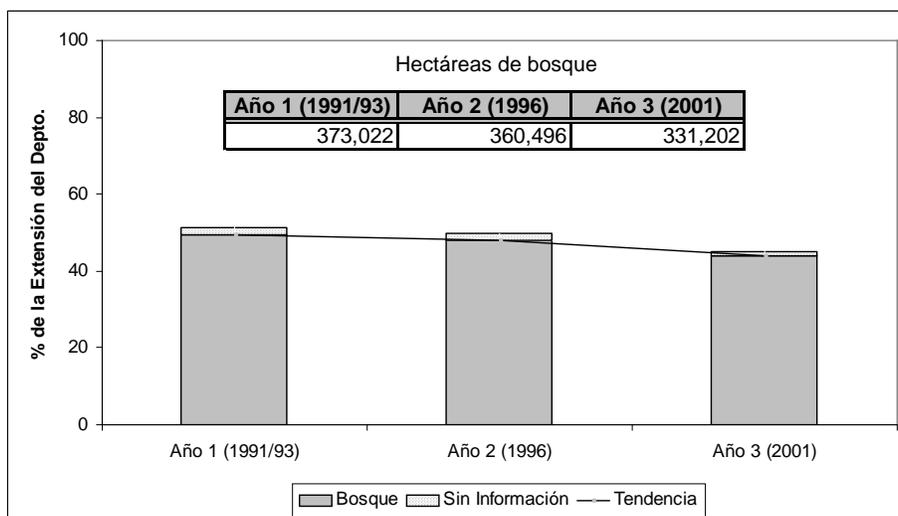
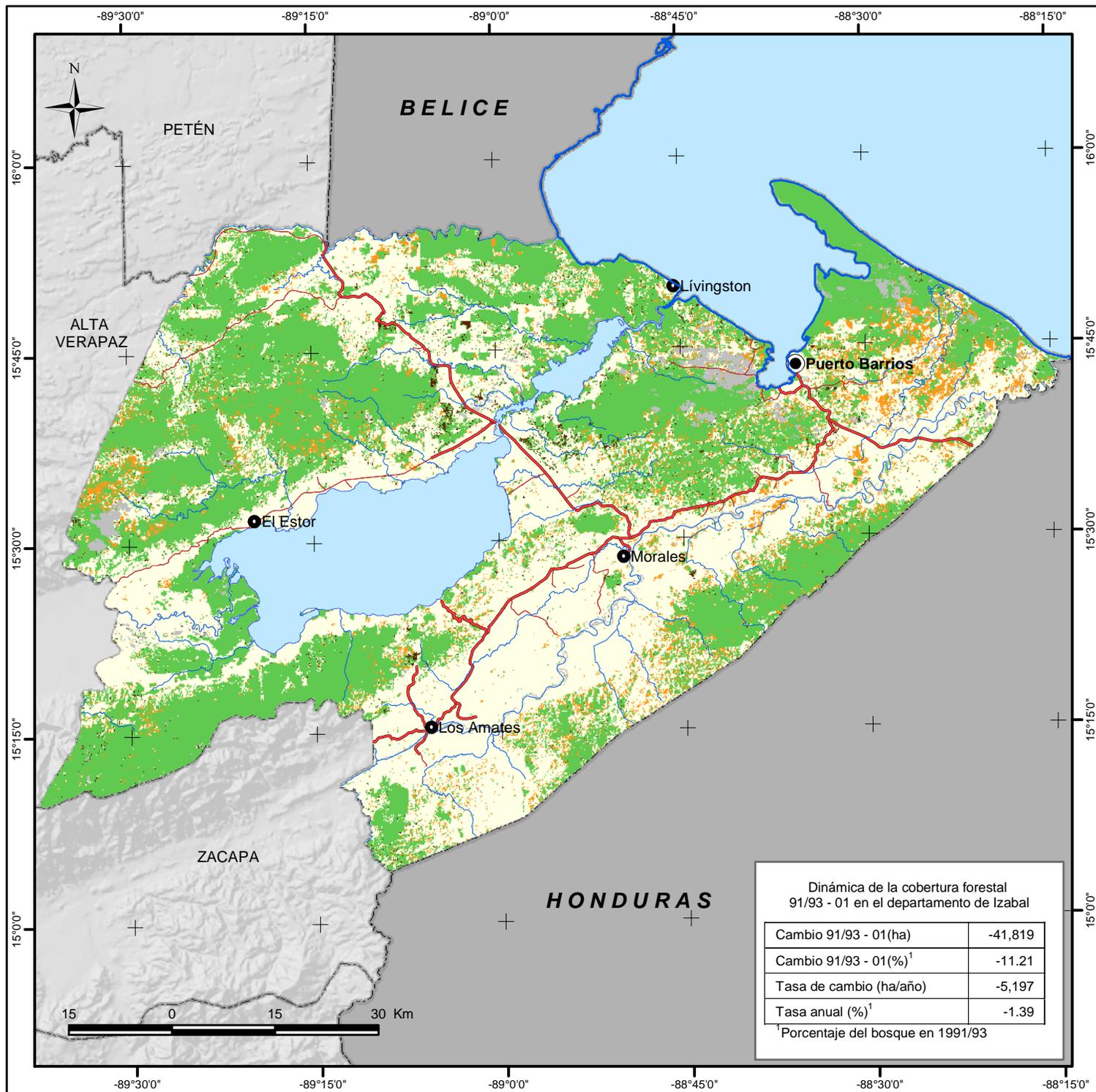


Figura 20: Comparación de la cobertura forestal de Izabal en los 3 períodos



**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.10 Jalapa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Jalapa** en el período **1,991/93** contaba con **50,594** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **43,404** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93-2,001, hubo una pérdida de **10,752** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **3,561** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **7,190** ha de bosque.

Esas **7,190** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Jalapa** es equivalente al **14,21%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Jalapa** es de **718** hectáreas, equivalente al **1.42%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

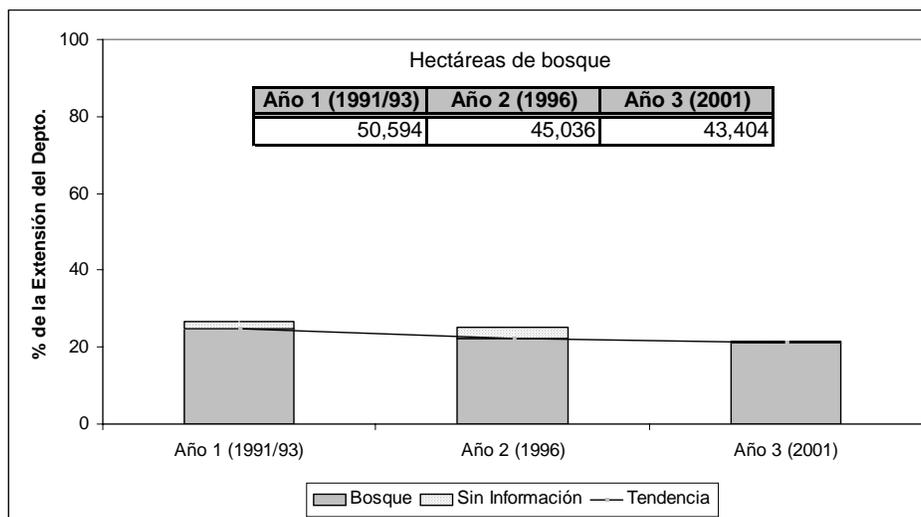
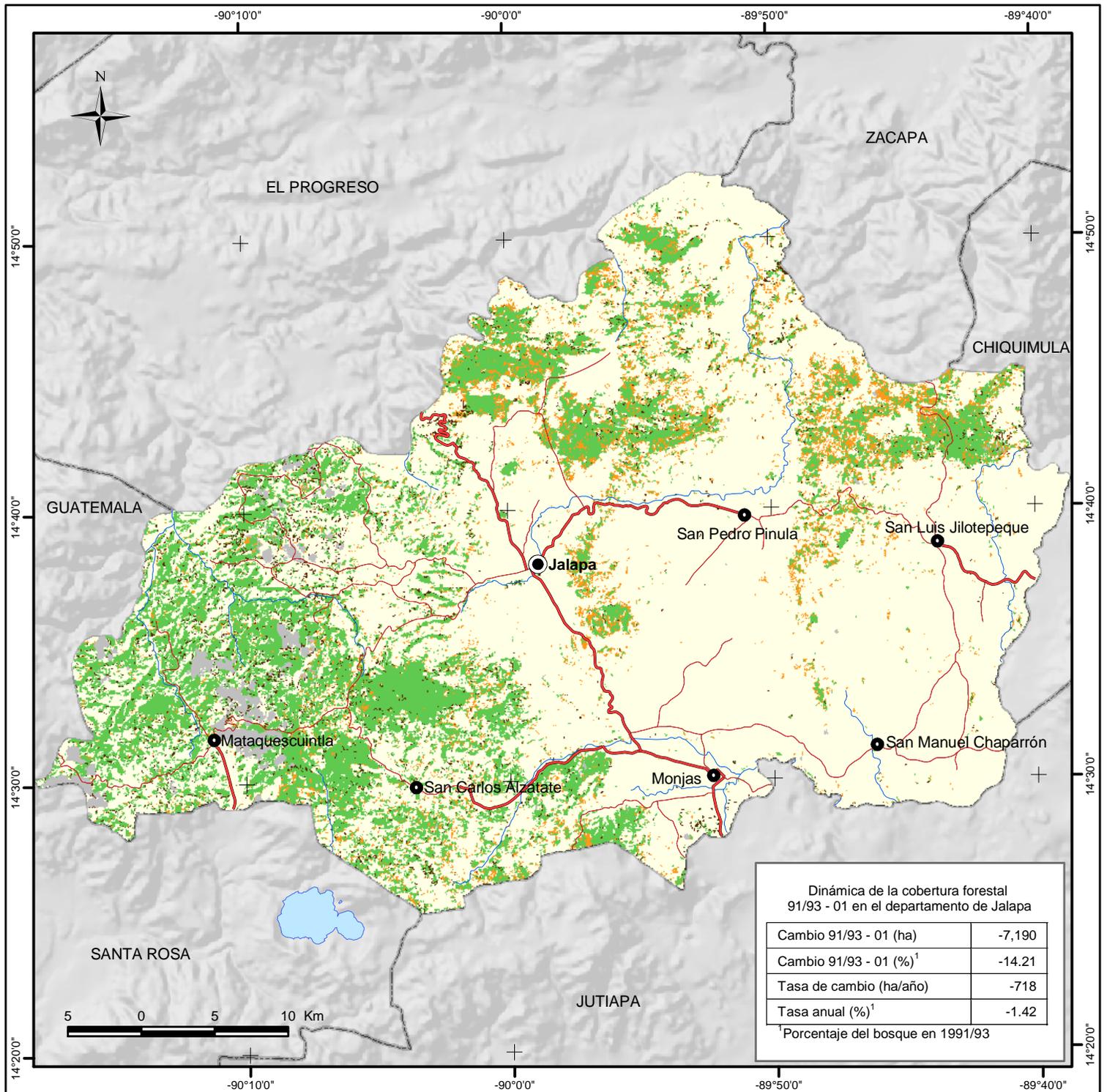


Figura 21: Comparación de la cobertura forestal de Jalapa en los 3 períodos



Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.11 Jutiapa

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Jutiapa** en el período **1,991/93** contaba con **35,829** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **27,988** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93-2,001, hubo una pérdida de **10,551** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **2,710** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **7,842** ha de bosque.

Esas **7,842** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Jutiapa** es equivalente al **21.89%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Jutiapa** es de **778** hectáreas, equivalente al **2.17%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

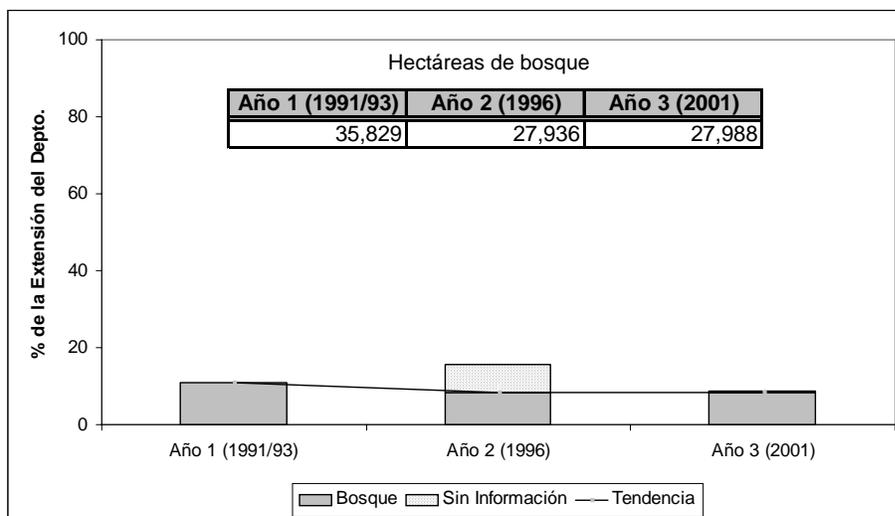
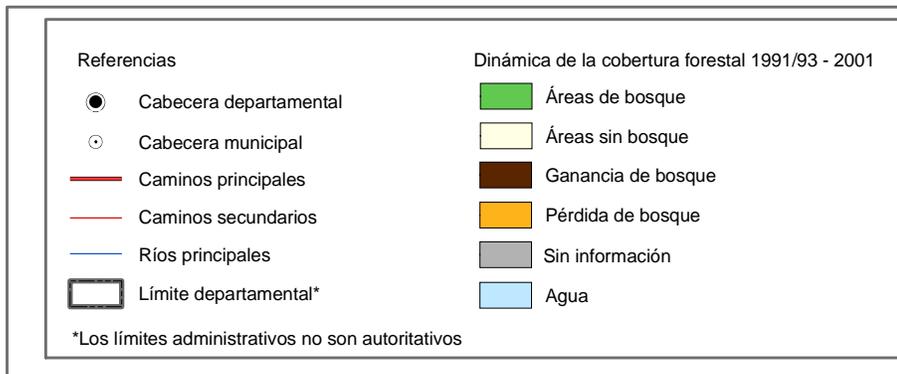
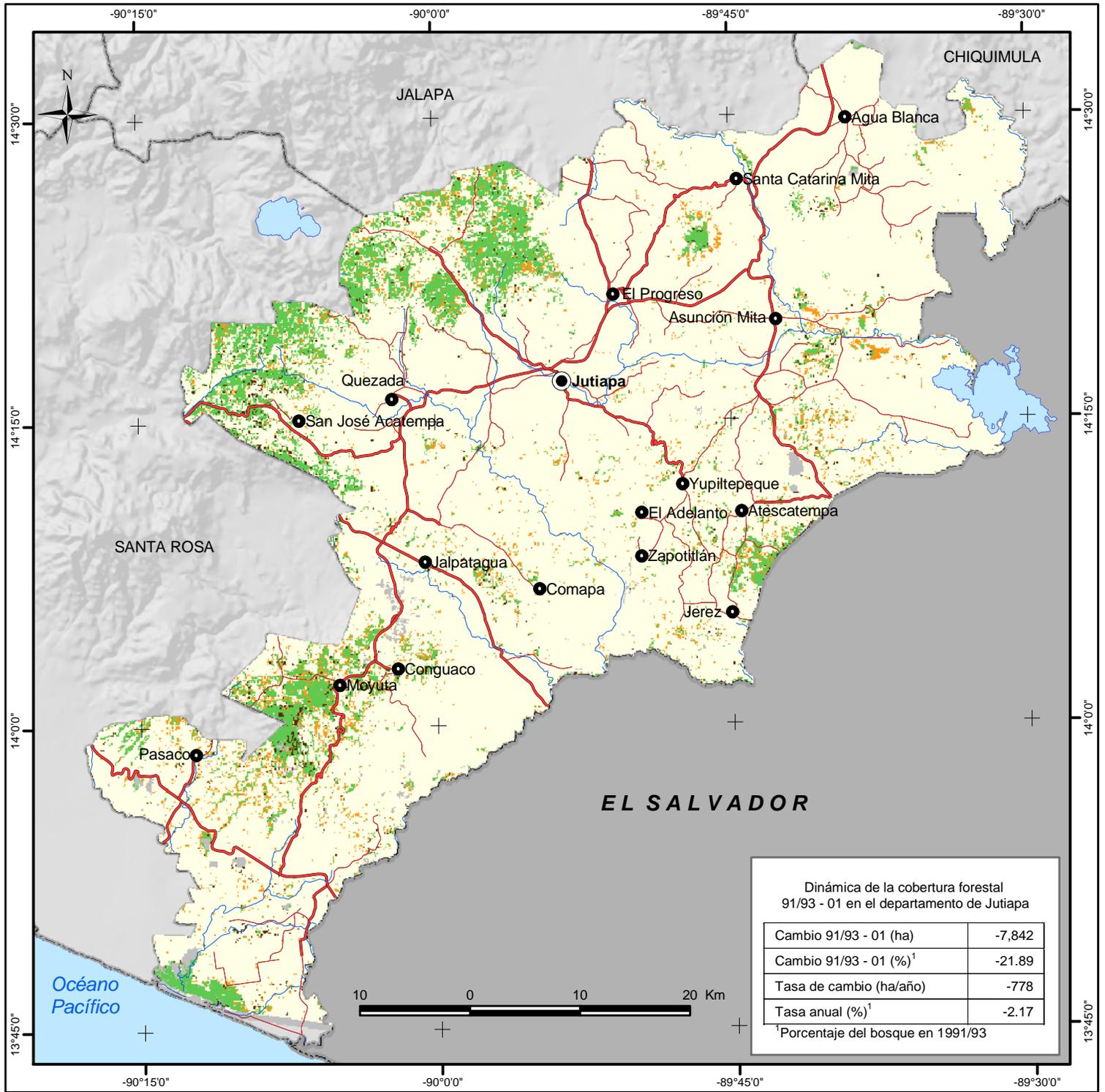


Figura 22: Comparación de la cobertura forestal de Jutiapa en los 3 períodos



**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.12 Petén

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Petén** en el período **1,991/93**<sup>1</sup> contaba con **2,624,643** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **2,293,610** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **345,575** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **14,542** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **331,034** ha de bosque.

Esas **331,034** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Petén** es equivalente al **12.61%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Petén** es de **47,412** hectáreas, equivalente al **1.81%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

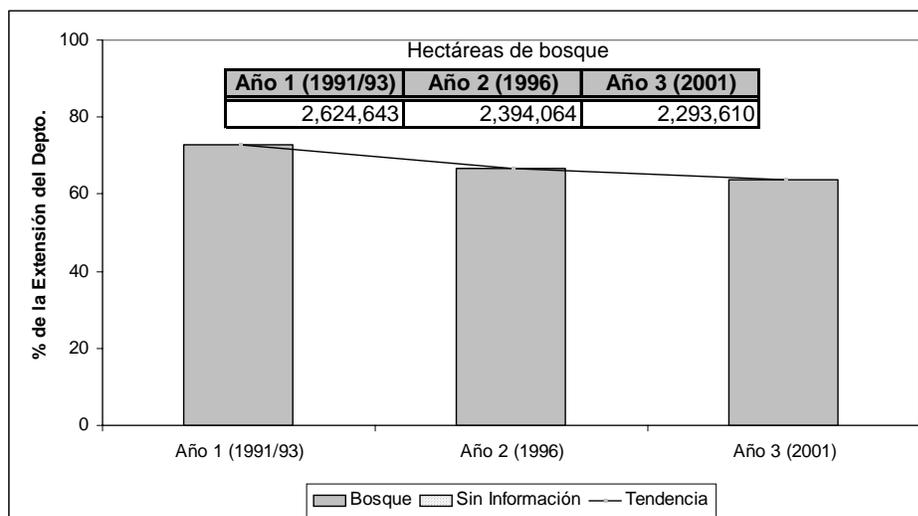
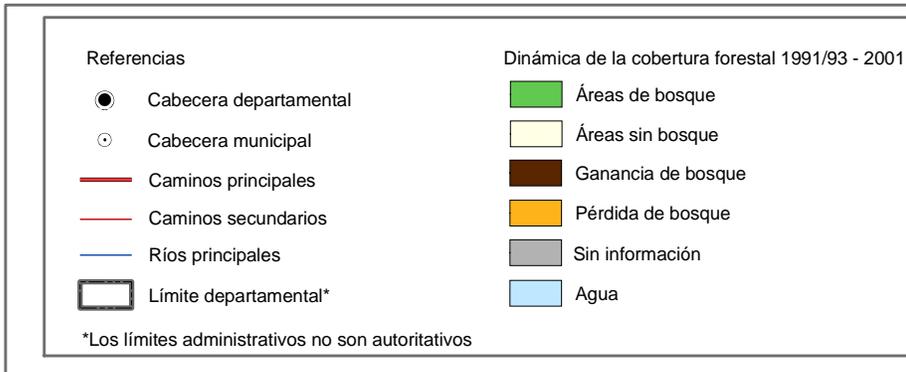
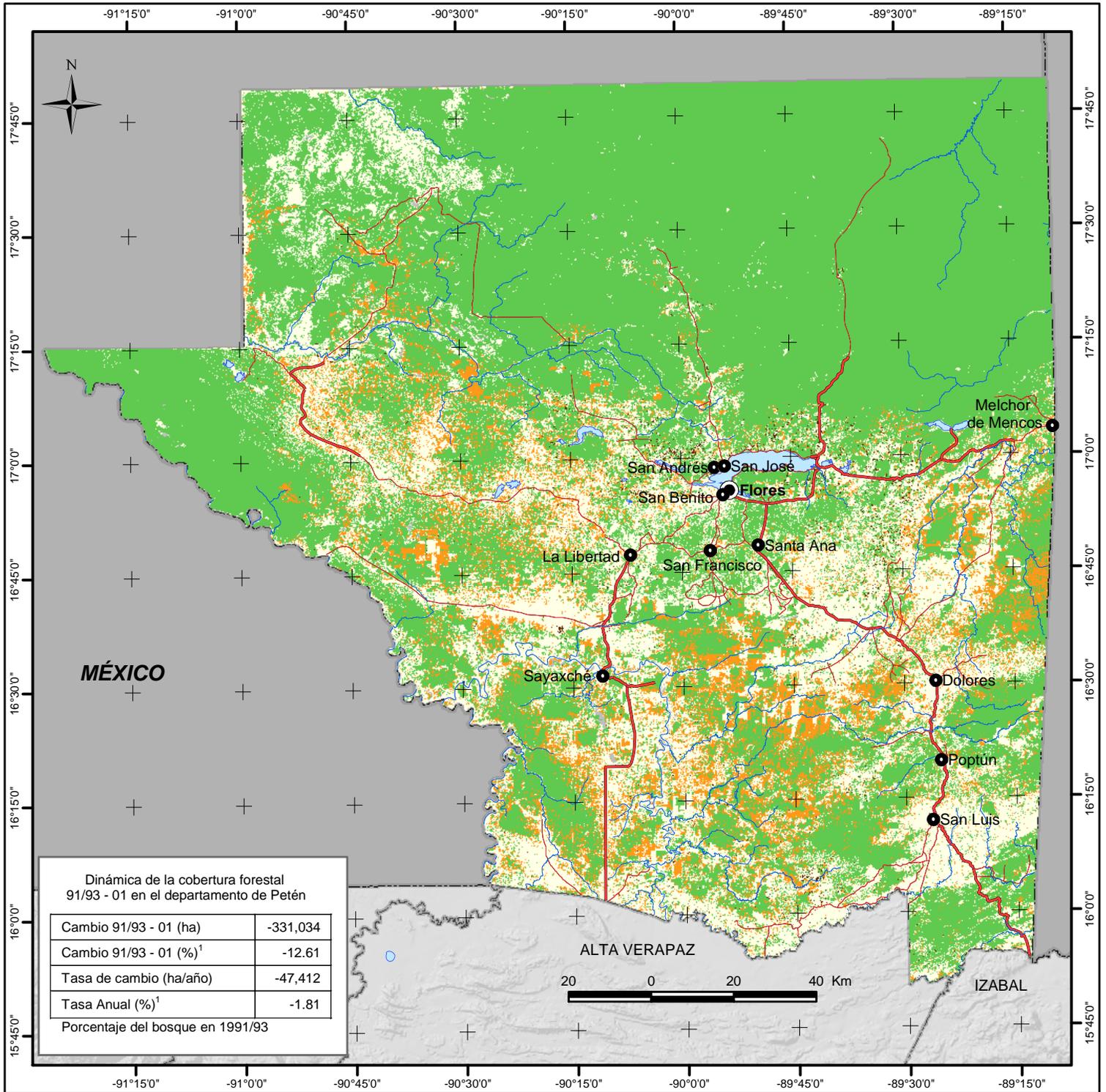


Figura 23: Comparación de la cobertura forestal de Petén en los 3 períodos

<sup>1</sup> Se escribe solamente como referencia período 1,991/93, sin embargo es importante acotar que por problemas de nubosidad, se utilizaron imágenes de años diferentes (1990, 1991, 1992, 1993).



**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.13 Quetzaltenango

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Quetzaltenango** en el período **1,991/93** contaba con **49,072** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **48,256** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **5,249** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **4,433** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **816** ha de bosque.

Esas **816** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Quetzaltenango** es equivalente al **1.66%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Quetzaltenango** es de **93** hectáreas, equivalente al **0.19%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 2do período (1,996 a 2,001), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

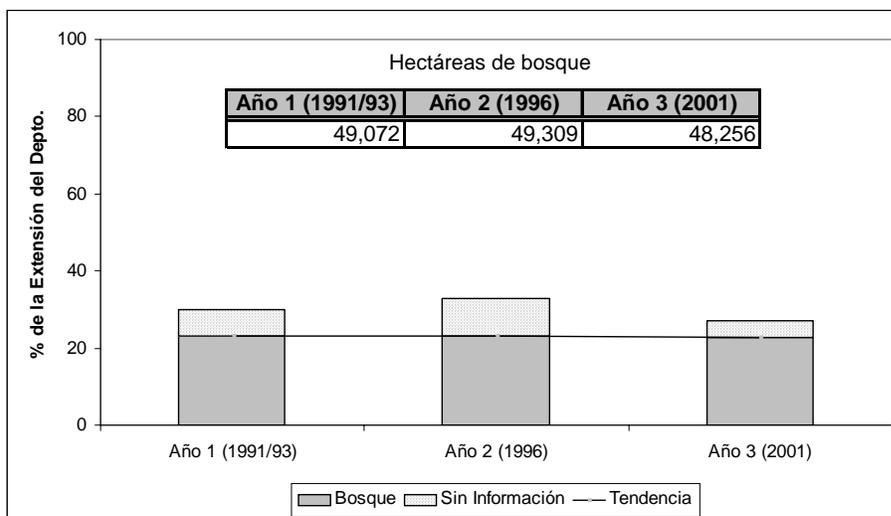
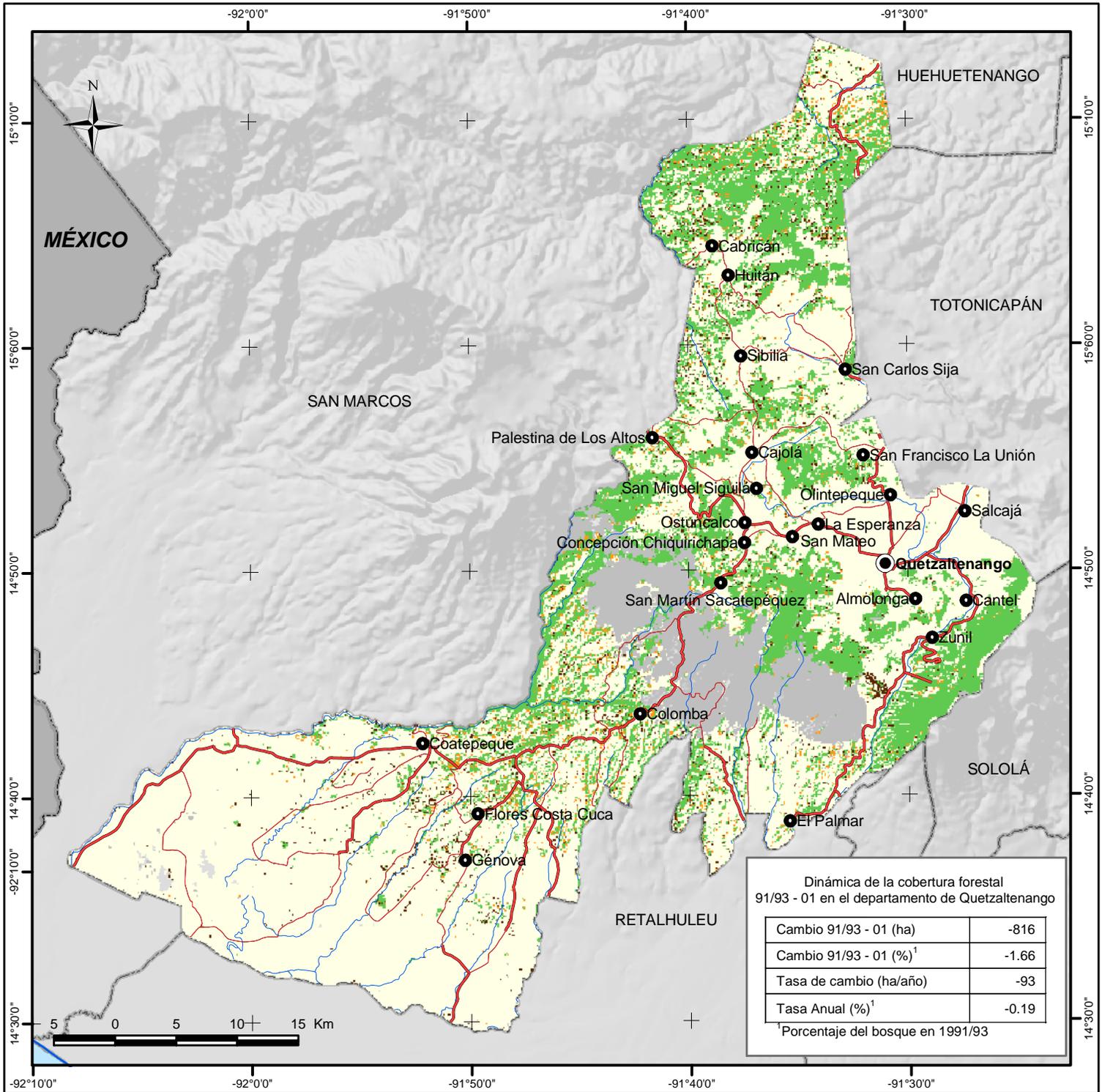


Figura 24: Comparación de la cobertura forestal de Quetzaltenango en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.14 Quiché

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Quiché** en el período **1,991/93** contaba con **336,518** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **307,884** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **44,798** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **16,164** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **28,634** ha de bosque.

Esas **28,634** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Quiché** es equivalente al **8.51%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Quiché** es de **3,301** hectáreas, equivalente al **0.98%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

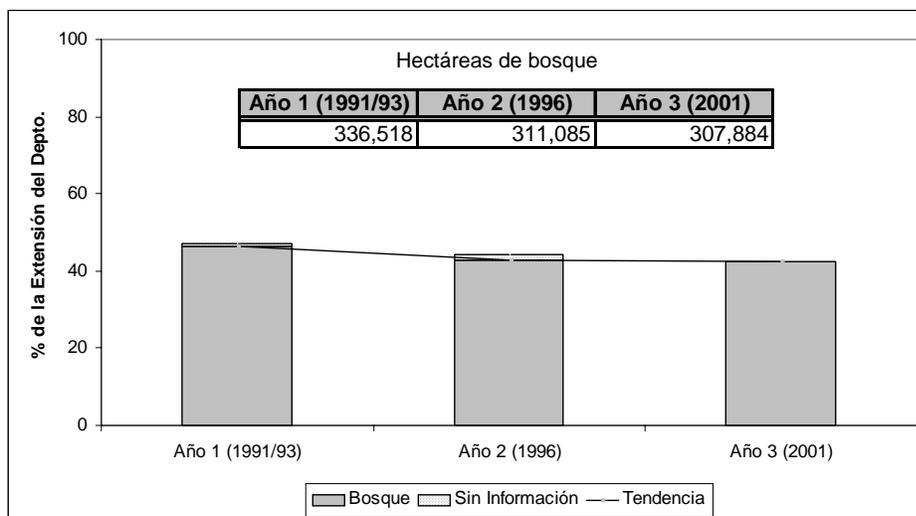


Figura 25: Comparación de la cobertura forestal de Quiché en los 3 períodos



### 6.2.15 Retalhuleu

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Retalhuleu** en el período **1,991/93** contaba con **12,677** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **13,079** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una ganancia de **1,700** hectáreas de bosque, a pesar que durante ese mismo período se perdieron **1,298** hectáreas; la ganancia neta por lo tanto fue de **401** ha de bosque.

En el departamento de **Retalhuleu** no existe deforestación, al contrario, se determinó que durante el período se regeneraron **401** hectáreas, equivalentes al **3.17%** con respecto al bosque que existía en el período **1,991/93**. Esto equivale a una tasa de regeneración anual de **58** hectáreas, equivalente al **0.46%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

#### B. Tendencia del proceso de cambio de bosque.

El proceso de pérdida de bosques no se dió en el departamento de Retalhuleu, ya que ocurrió un aumento de 401 ha. en el período de estudio, este incremento se muestra en la gráfica.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

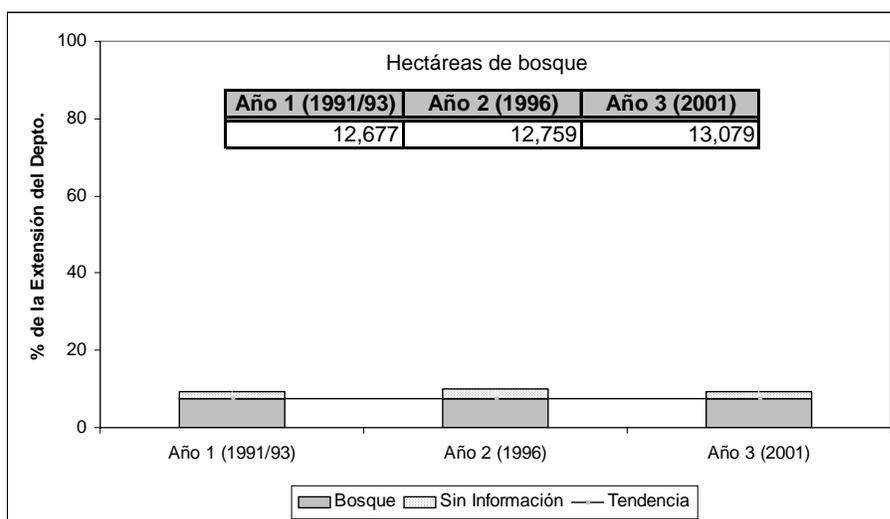
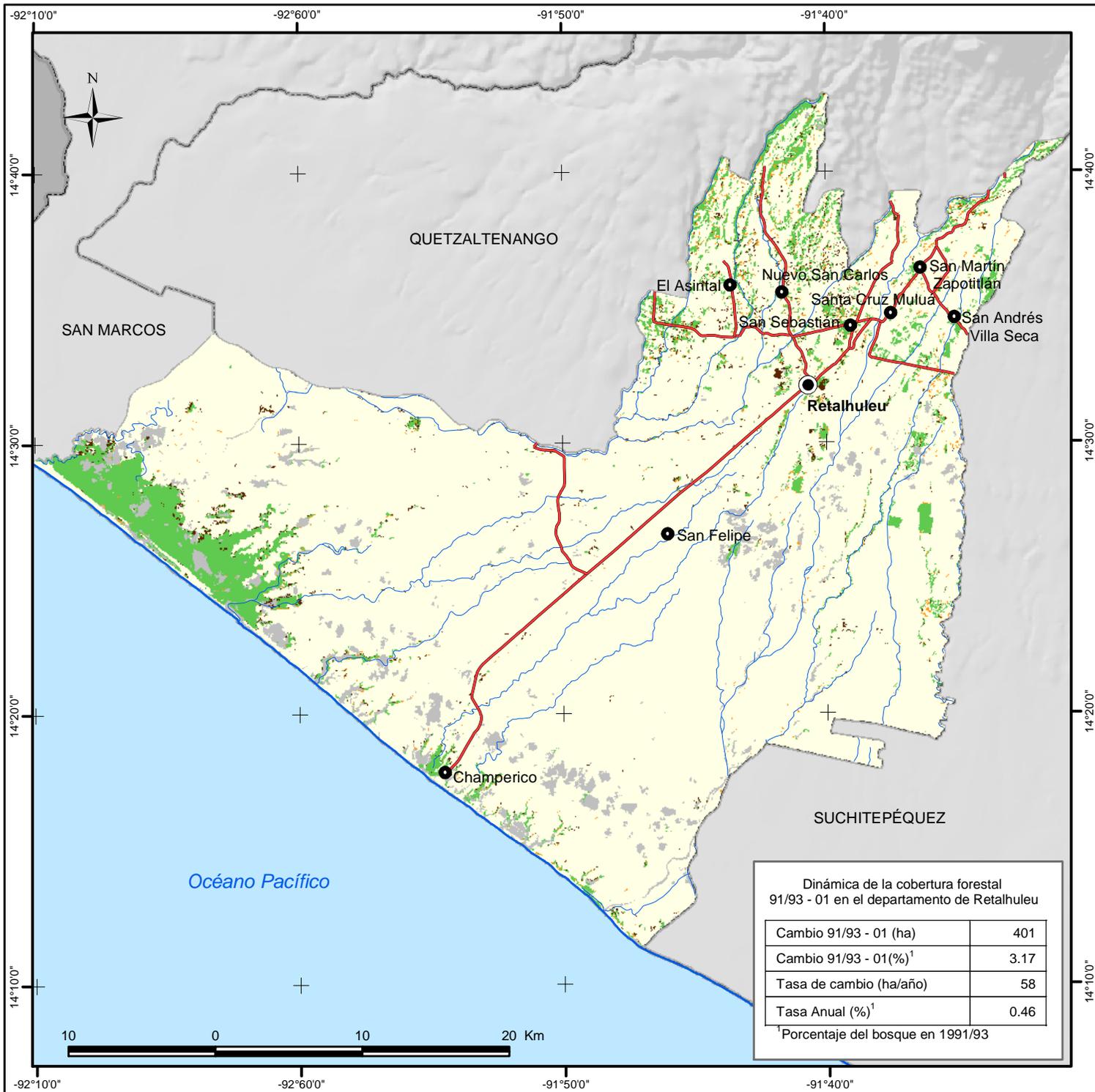


Figura 26: Comparación de la cobertura forestal de Retalhuleu en los 3 períodos



<b>Referencias</b>	<b>Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001</b>
● Cabecera departamental	■ Áreas de bosque
○ Cabecera municipal	■ Áreas sin bosque
— Caminos principales	■ Ganancia de bosque
— Caminos secundarios	■ Pérdida de bosque
— Ríos principales	■ Sin información
□ Límite departamental*	■ Agua

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

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, noviembre de 2005

### 6.2.16 Sacatepéquez

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Sacatepéquez** en el período **1,991/93** contaba con **23,974** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **24,046** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una ganancia de **1,494** hectáreas de bosque, a pesar que durante ese mismo período se perdieron **1,422** hectáreas; la ganancia neta por lo tanto fue de **72** ha de bosque.

En el departamento de **Sacatepéquez** no existe deforestación, al contrario, se determinó que durante el período se regeneraron **72** hectáreas, equivalentes al **0.30%** con respecto al bosque que existía en el período **1,991/93**. Esto equivale a una tasa de regeneración anual de **7** hectáreas, equivalente al **0.03%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques no se dió en el departamento de Sacatepéquez, ya que ocurrió un aumento de 72 ha. en el período de estudio, este incremento se muestra en la gráfica.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

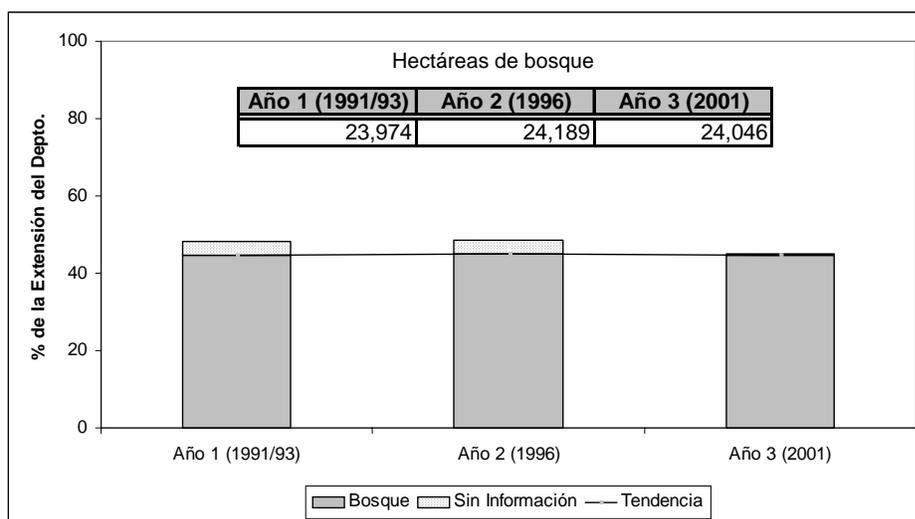
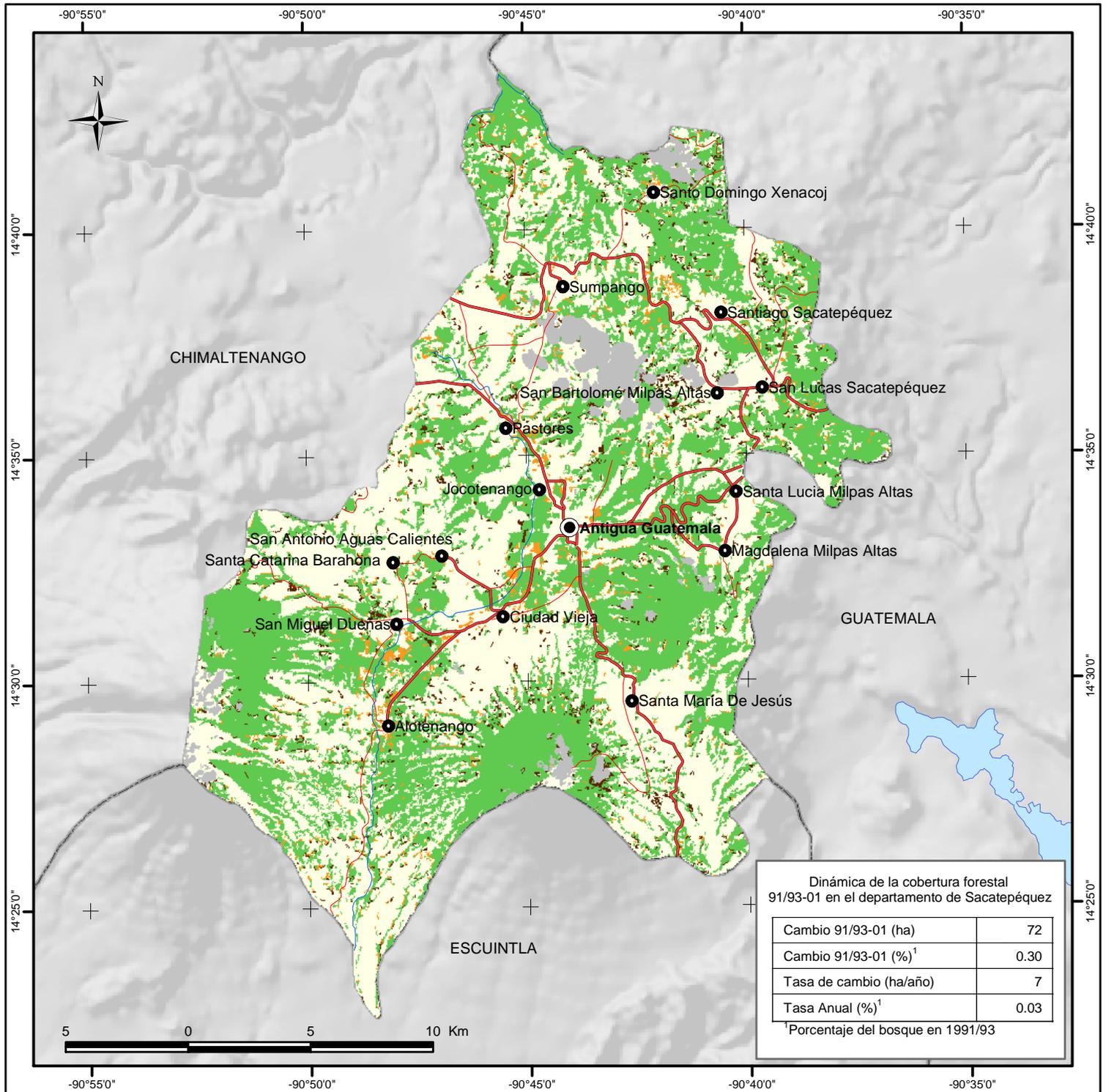


Figura 27: Comparación de la cobertura forestal de Sacatepéquez en los 3 períodos



#### Referencias

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

#### Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001

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

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.17 San Marcos

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **San Marcos** en el período **1,991/93** contaba con **99,806** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **95,880** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **16,386** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **12,460** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **3,926** ha de bosque.

Esas **3,926** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **San Marcos** es equivalente al **3.93%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **San Marcos** es de **458** hectáreas, equivalente al **0.46%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

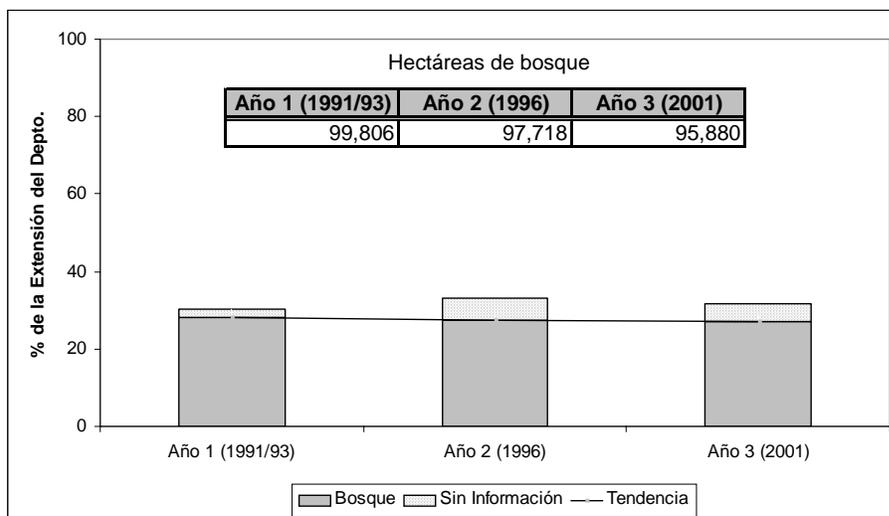


Figura 28: Comparación de la cobertura forestal de San Marcos en los 3 períodos



<p><b>Referencias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cabecera departamental</li> <li>○ Cabecera municipal</li> <li>— Caminos principales</li> <li>— Caminos secundarios</li> <li>— Ríos principales</li> <li>□ Límite departamental*</li> </ul> <p>*Los límites administrativos no son autoritativos</p>	<p><b>Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Áreas de bosque</li> <li>■ Áreas sin bosque</li> <li>■ Ganancia de bosque</li> <li>■ Pérdida de bosque</li> <li>■ Sin información</li> <li>■ Agua</li> </ul>
--	--

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.18 Santa Rosa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Santa Rosa** en el período **1,991/93** contaba con **76,044** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **73,353** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **7,954** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **5,263** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **2,691** ha de bosque.

Esas **2,691** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Santa Rosa** es equivalente al **3.54%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Santa Rosa** es de **259** hectáreas, equivalente al **0.34%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

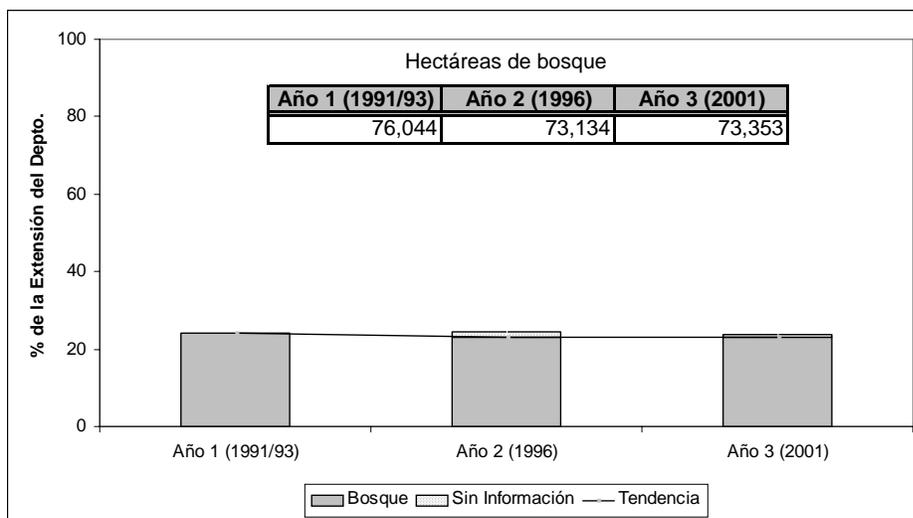


Figura 29: Comparación de la cobertura forestal de Santa Rosa en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- ⊙ Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- ▭ Límite departamental\*

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.19 Sololá

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Sololá** en el período **1,991/93** contaba con **44,777** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **44,765** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **2,658** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **2,645** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **13** ha de bosque.

Esas **13** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Sololá** es equivalente al **0.03%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Sololá** es de **1** hectárea, equivalente al **0.00%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

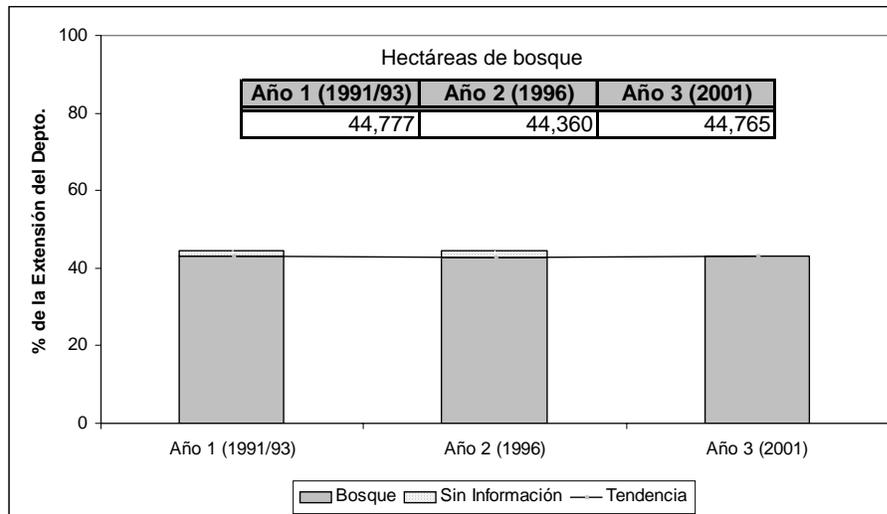
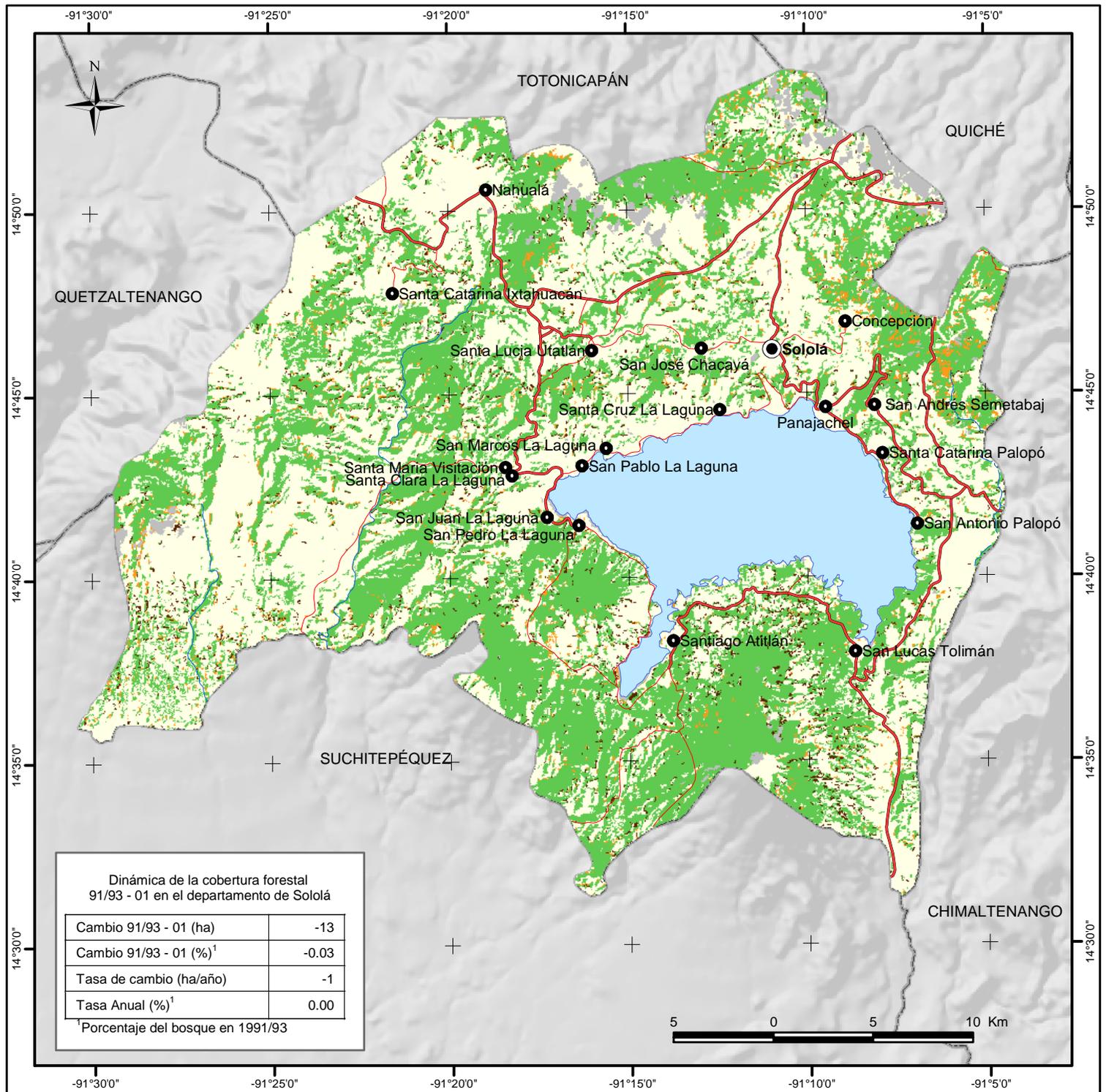


Figura 30: Comparación de la cobertura forestal de Sololá en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Límite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.2.20 Suchitepéquez

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Suchitepéquez** en el período **1,991/93** contaba con **24,678** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **23,188** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **3,416** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **1,926** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **1,490** ha de bosque.

Esas **1,490** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Suchitepéquez** es equivalente al **6.04%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Suchitepéquez** es de **136** hectáreas, equivalente al **0.55%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

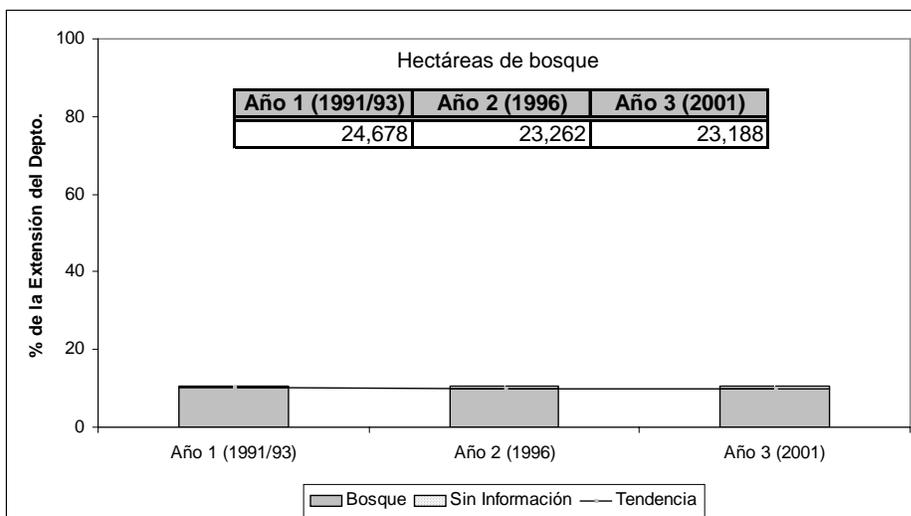
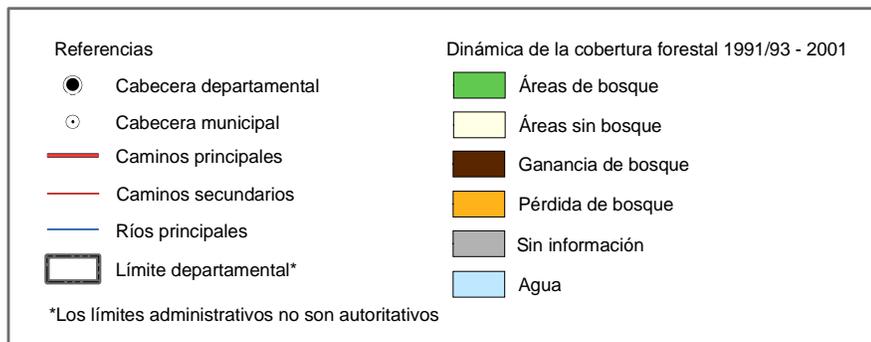
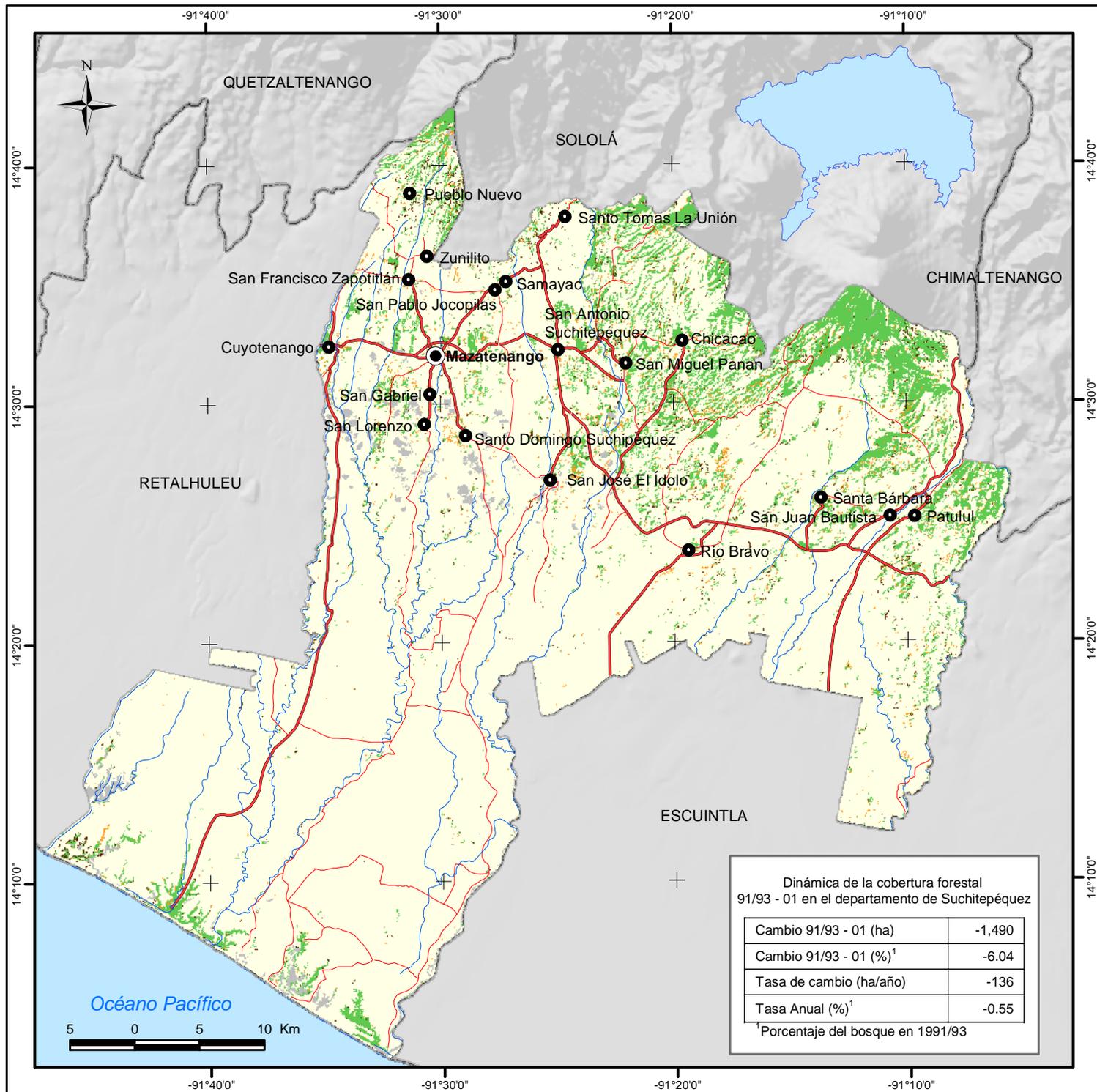


Figura 31: Comparación de la cobertura forestal de Suchitepéquez en los 3 períodos



**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



Escala del estudio : 1:50,000

Sistema de Coordenadas Geográficas WGS 1984

Fuente adicional: Base de Datos Digital IGN/ZUNIL escala 1:250,000  
 Guatemala, noviembre de 2005

### 6.2.21 Totonicapán

#### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Totonicapán** en el período **1,991/93** contaba con **51,312** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **46,044** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **6,425** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **1,156** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **5,268** ha de bosque.

Esas **5,268** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Totonicapán** es equivalente al **10.27%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Totonicapán** es de **488** hectáreas, equivalente al **0.95%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

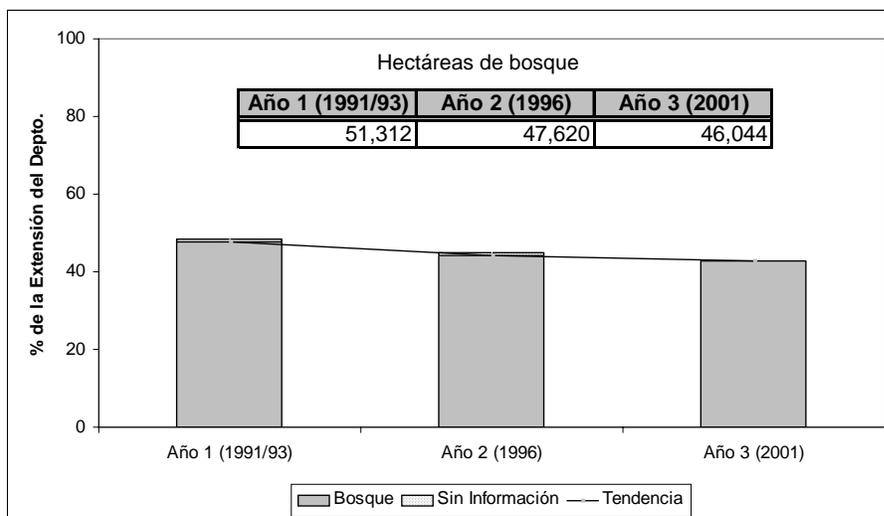
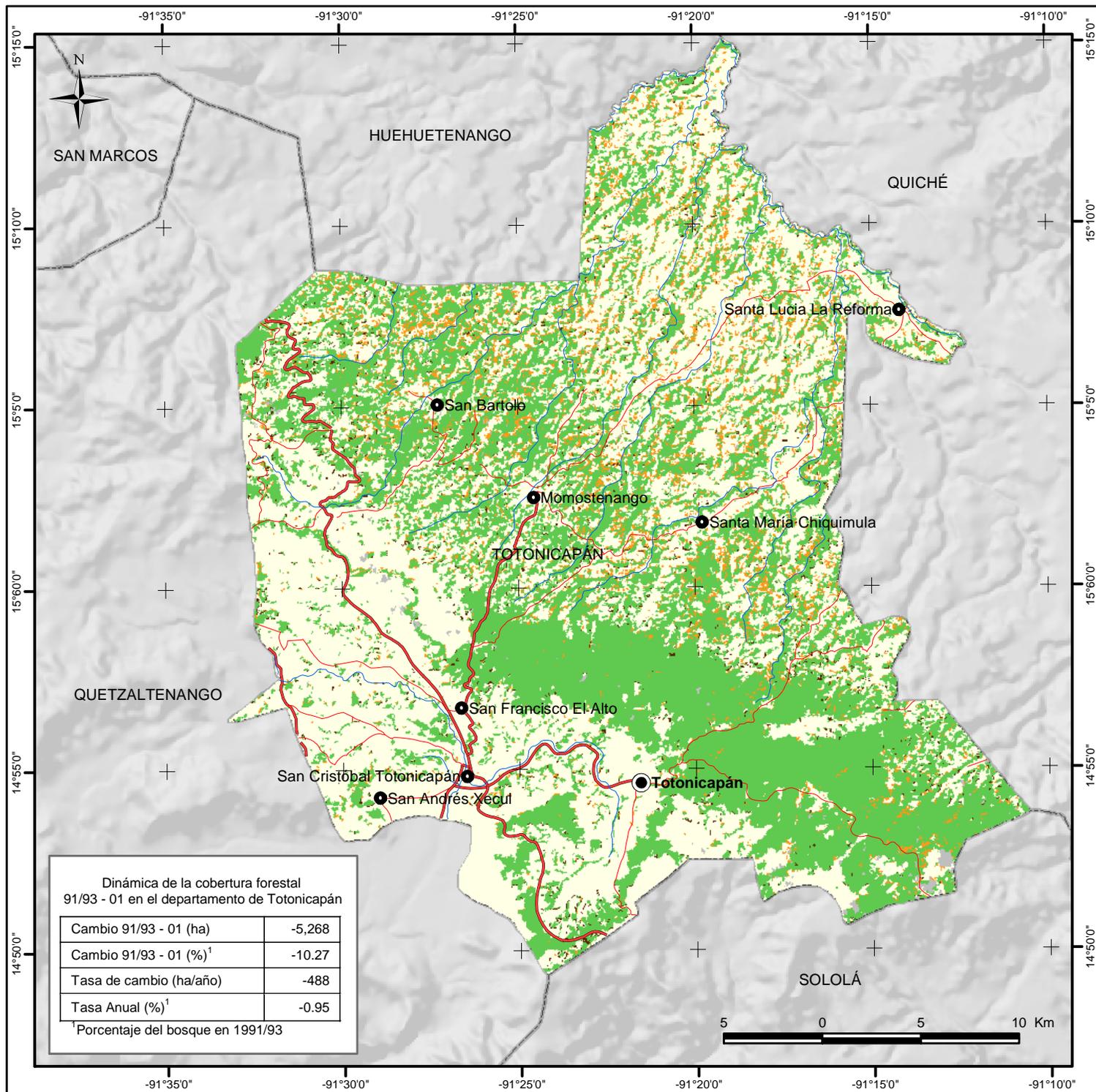


Figura 32: Comparación de la cobertura forestal de Totonicapán en los 3 períodos



<b>Referencias</b>	<b>Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001</b>
● Cabecera departamental	■ Áreas de bosque
○ Cabecera municipal	■ Áreas sin bosque
— Caminos principales	■ Ganancia de bosque
— Caminos secundarios	■ Pérdida de bosque
— Ríos principales	■ Sin información
□ Límite departamental*	■ Agua

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**  
 Con el apoyo del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

## 6.2.22 Zacapa

### A. Dinámica de la Cobertura Forestal

El Departamento de **Zacapa** en el período **1,991/93** contaba con **91,799** hectáreas de bosque. Para el año 2,001 se reportó una cobertura forestal de **79,612** hectáreas.

Se pudo determinar que durante el período 1,991/93 – 2,001, hubo una pérdida de **15,337** hectáreas de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron **3,150** hectáreas; teniendo una pérdida neta de **12,188** ha de bosque.

Esas **12,188** hectáreas de pérdida neta para el departamento de **Zacapa** es equivalente al **13.28%** del bosque que existía en el período **1,991/93**. La tasa de deforestación anual para el departamento de **Zacapa** es de **1,226** hectáreas, equivalente al **1.34%** del bosque del período **1,991/93**.

Una descripción de las tasas a nivel municipal se pueden observar en el Anexo 1.

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

El proceso de pérdida de bosques ocurrió en el 1er período (1,991/93 a 1,996), como se muestra en la gráfica.

No se pudo establecer una tendencia en cuanto al período en el que se dio la mayor ganancia de bosques ya que la metodología no permitió comparar los dos períodos porque en 1,996 el bosque que pudiera estar en proceso de regeneración era muy joven por lo que fue calificado dentro de la categoría de no bosque.

En la siguiente gráfica se puede ver la relación entre las ganancias y pérdidas durante el período en estudio, así como la pérdida neta.

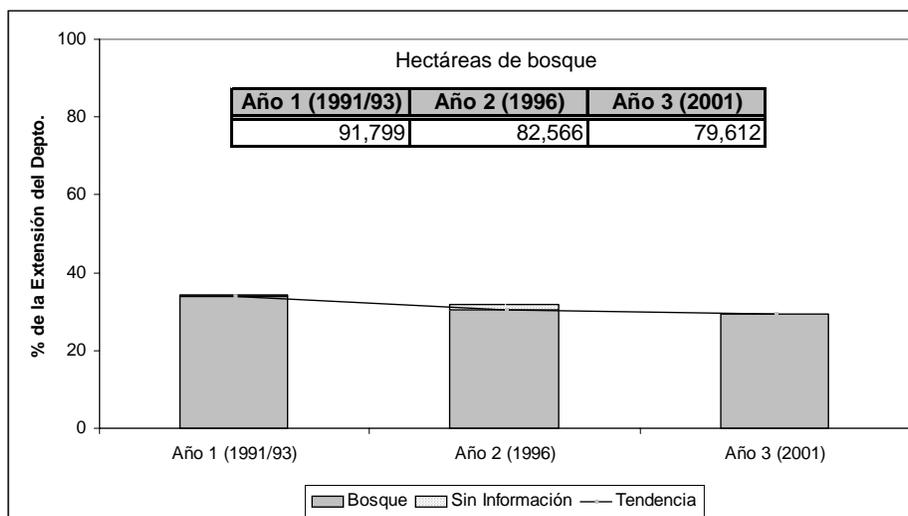
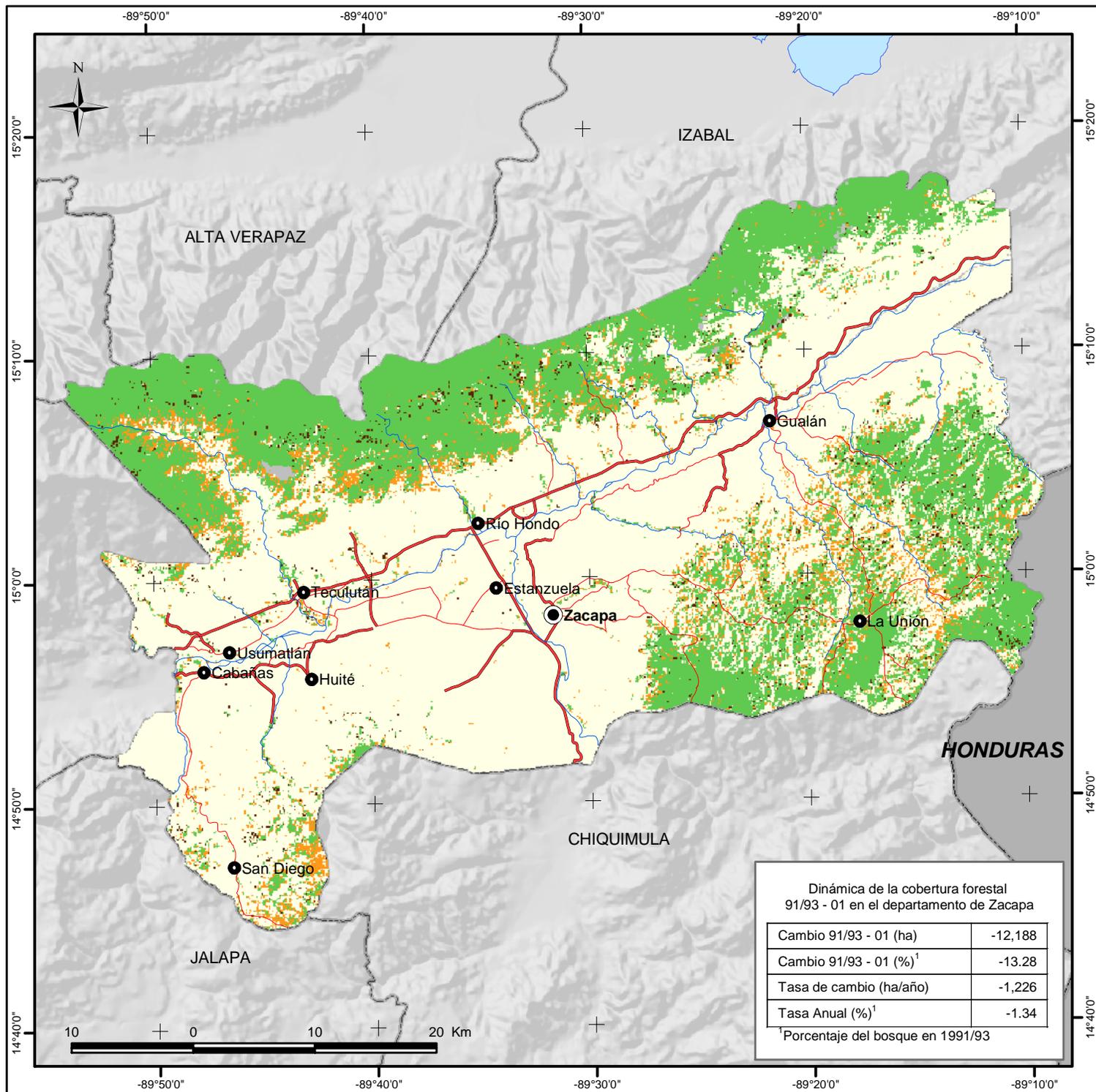


Figura 33: Comparación de la cobertura forestal de Zacapa en los 3 períodos



**Referencias**

- Cabecera departamental
- Cabecera municipal
- Caminos principales
- Caminos secundarios
- Ríos principales
- Límite departamental\*

\*Los límites administrativos no son autoritativos

**Dinámica de la cobertura forestal 1991/93 - 2001**

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

**Elaborado por:**  
**Universidad del Valle de Guatemala -UVG-**  
**Instituto Nacional de Bosques -INAB-**  
**Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-**

Con el apoyo del Programa de Apoyo a la  
 Reconversión Productiva Agroalimentaria (PARPA) del  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación



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, noviembre de 2005

### 6.3 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA CON RESPECTO AL MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA SEGÚN LA METODOLOGÍA DEL INAB.

El análisis de la dinámica de la cobertura forestal a nivel nacional con respecto al Mapa de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso, Aplicación de una Metodología para Tierras de la República de Guatemala, INAB (2,000), proporcionó los resultados que se observan en el Cuadro 11.

**CUADRO 11. Análisis de la dinámica respecto a capacidad de uso de la tierra.**

	Categorías de Capacidad de Uso *							
	A	Aa	Am	Ap	Ss	F	Fp	App
<b>Cambio 91/93 - 01 (ha)</b>	-117,238	-75,260	-108,650	-52,869	-48,275	-93,003	-13,224	-54,653
<b>Cambio 91/93 - 01 (%)</b>	-17.78	-8.13	-14.35	-17.61	-17.81	-9.81	-7.69	-5.02
<b>Tasa de cambio (ha/año)</b>	-12,968	-8,174	-11,800	-6,437	-5,413	-9,810	-1,366	-6,835
<b>Tasa anual (%)</b>	-1.97	-0.88	-1.56	-2.14	-2.00	-1.03	-0.79	-0.63

\* A: Agricultura sin limitaciones, Aa: Agroforestería con cultivos anuales, Am: Agricultura con mejoras, Ap: Agroforestería con cultivos permanentes, Ss: Sistema Silvopastoril, F: Forestal de producción, Fp: Forestal de protección, App: Áreas protegidas de protección

La mayor tasa de deforestación ocurre en las categorías Agricultura sin limitaciones (A), Agricultura con mejoras (Am) y Forestal de Producción (F) con 12,968, 11,800 y 9,810 ha/año respectivamente. Es importante notar que en la categoría Tierra Forestales de Protección, ocurre la tasa más baja ya que es de 1,366 ha/año. Esto se puede observar en la Figura 34.

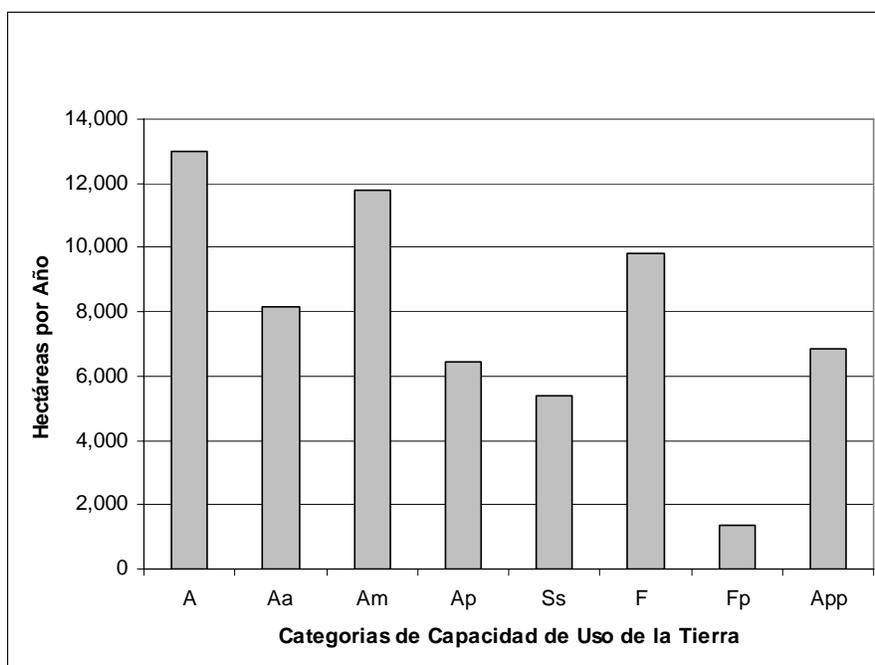


Figura 34: Deforestación anual respecto a capacidad de uso de la tierra

#### 6.4 ANÁLISIS DE LA DINÁMICA CON RESPECTO AL MAPA DE TIERRAS FORESTALES DE CAPTACIÓN Y REGULACIÓN HIDROLÓGICA.

Según el análisis de la dinámica de la cobertura forestal a nivel nacional con respecto al mapa de tierras de captación y regulación hidrológica realizado por el INAB, proporcionó los resultados que se observan en el Cuadro 12.

**CUADRO 12. Análisis de la dinámica respecto a tierras forestales de captación y regulación hidrológica.**

	Categorías de Captación y Regulación Hidrológica					
	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	No Considerado
<b>Cambio 91/93 - 01 (ha)</b>	-28,791	-32,930	-49,009	-120,873	-38,102	-292,710
<b>Cambio 91/93 - 01 (%)</b>	-9.05	-6.49	-7.41	-15.22	-6.55	-13.02
<b>Tasa de cambio (ha/año)</b>	-3,156	-3,786	-5,074	-13,563	-4,136	-34,415
<b>Tasa anual (%)</b>	-0.99	-0.75	-0.77	-1.71	-0.71	-1.53

La mayor tasa de deforestación ocurre en la categoría "No Considerado" con 34,415 ha/año. Es importante notar la tasa de deforestación en las categorías Muy Alta, Alta y Media es más reducida porque en las mismas se pierde 3,156, 3,786 y 5,074 ha/año respectivamente, esto se puede observar en la Figura 35.

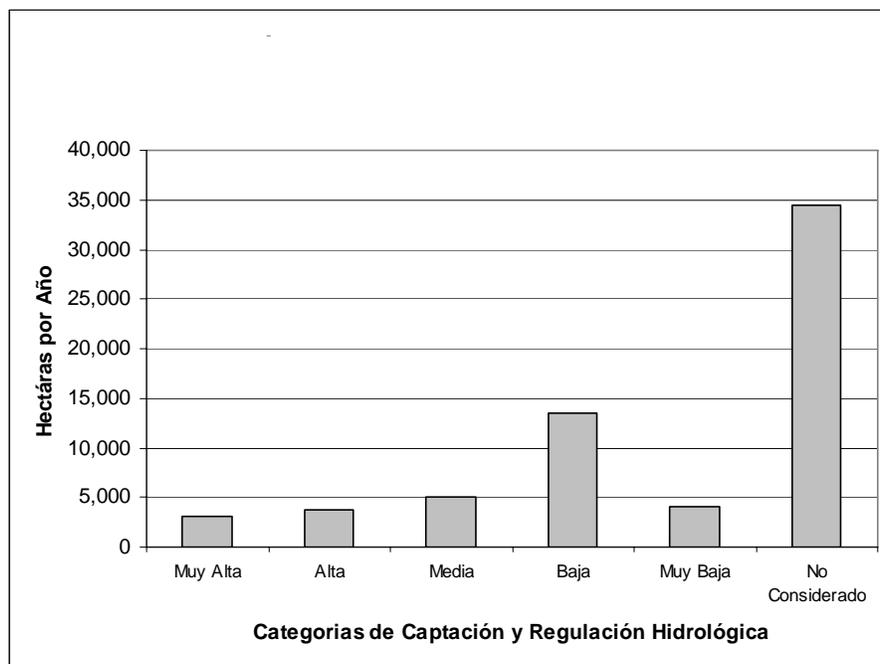


Figura 35: Deforestación anual respecto a tierras forestales de captación y regulación hidrológica

## 7. ANÁLISIS DEL ERROR DE LOS RESULTADOS

### 7.1 IMAGENES 1991/93

Para el cálculo del error en la clasificación de las imágenes de 1991 y 1993 se utilizó fotografía aérea del mismo año, con las cuales se seleccionaron puntos al azar, diferenciando el bosque de otras coberturas. Estos puntos fueron sobrepuestos posteriormente sobre la imagen clasificada de bosque no bosque de 1991/93 y se evaluó la cantidad de aciertos y desaciertos de los mismos sobre la imagen.

De este análisis se obtuvo como resultado un 87.50% de acierto y 12.50% de error en la clasificación de las imágenes 1991/93.

### 7.2 IMAGEN 2001

La estimación del error de clasificación de las imágenes 2001 se facilitó por la disponibilidad de información de campo independiente generada por el proyecto Inventario Forestal Nacional de Guatemala. Este proyecto completó en 2003 114 unidades de muestreo cada una con cuatro parcelas de medición, para un total de 449 parcelas que describen el uso actual de la tierra para un área de 20 x 250 m. Es importante notar que el Inventario Forestal utilizó un sistema de clases mucho más complejo que la clasificación mostrada en el Mapa de Cobertura 2001, por lo que fue necesario reducir las clases del Inventario Forestal para hacerlas coincidir con las clases equivalentes del Mapa Forestal.

De las 449 parcelas analizadas, 367 coincidieron en la descripción dada por ambos proyectos. Esto corresponde a una efectividad del 82%. Este valor de efectividad en la clasificación es bastante adecuado, especialmente por la amplia extensión territorial cubierta por el estudio. De cualquier manera, es interesante analizar las razones de fallo de las 82 parcelas que no coincidieron, equivalentes a un 18% de error. Se identificaron cuatro tipos de no coincidencia entre el Inventario Forestal y el Mapa Forestal:

1. El inventario reportó bosque cuando el mapa muestra sin bosque (2.9% de los casos).
2. El inventario reportó agricultura permanente cuando el mapa mostró bosque (1.1% de los casos).
3. El inventario reportó agricultura anual o potrero cuando el mapa mostró bosque (5.8% de los casos).
4. El inventario reportó bosque abierto, arbustos o barbecho cuando el mapa mostró bosque (8.5% de los casos).

El error 1 se dio principalmente en el oriente del país, y son áreas donde se omitió la clasificación de bosque en las imágenes debido muy posiblemente a problemas de defoliación en época seca (bosques caducifolios).

El error 2 es típico de áreas cafetaleras donde la densa cobertura de la sombra del café hace que el uso se clasifique como bosque, siendo en realidad agricultura permanente.

El error 3 se observó principalmente en Alta Verapaz, Izabal y el altiplano occidental. Este error en el mapa puede ser atribuido a regiones que fueron deforestadas entre el año del mapa (2001) y el año del inventario (2003), es decir, regiones de avance de frontera agrícola reciente.

Finalmente, el error 4 se observó principalmente en Petén y es típico de áreas donde el bosque ha sido raleado. Este error que fue el más común, se puede deber a diferencias de definición e interpretación de qué constituye un bosque y hasta qué momento un bosque deja de serlo, luego de ser altamente degradado.

## 8. CONCLUSIONES

- Se corrigió la cobertura forestal de Guatemala para el año 2,001 previamente publicada. El nuevo valor reportado es de 4,558,453 ha equivalentes al 42.11% del territorio nacional.
- Para el año 1991/93 la cobertura forestal fue de 5,121,629 ha, equivalentes al 47.32% del territorio nacional.
- El cambio neto de cobertura forestal durante el período 1991/93 - 2001 fue de 563,176 ha, lo que representa una pérdida anual de 73,148 ha. En términos relativos el bosque se redujo 1.43% cada año entre 1991/93 - 2001. Esto equivale a decir que Guatemala perdió en bosque, el equivalente al 0.68% de su territorio cada año.
- En este período de estudio, el 64.82% del cambio de la cobertura forestal corresponde al departamento de Petén, debido a que sus municipios son más grandes, y respecto a su extensión territorial también aportan más que los otros.
- Los municipios en los que ha habido un mayor incremento bruto (sin contar deforestación) de área de bosque, son Cobán, Chisec y Carchá en Alta Verapaz; Nenton en Huehuetenango, Ixcán en Quiché y Livingston en Izabal.
- Del total perdido en la década, el 75% (421,938 ha) corresponde al primer periodo, y el 25 % (141,238 ha) al segundo periodo. Lo que implica que hacia el final de la década la pérdida de bosque se redujo en dos terceras partes.
- El análisis de la dinámica de la cobertura forestal en las diferentes clases de capacidad de uso de la tierra (metodología INAB), determinó que la mayor pérdida anual de cobertura forestal ocurre en las categorías de Agricultura sin limitaciones, Agricultura con mejoras y Forestal de producción, con 12,968, 11,800 y 9,810 ha/año respectivamente
- El análisis de la dinámica de cobertura forestal en las diferentes categorías de captación y regulación hidrológica, determinó que la mayor pérdida anual de cobertura forestal ocurre en la categoría "No Considerado" con 34,415 ha/año. En el caso de las categorías "Muy Alta", "Alta" y "Media"; las pérdidas estuvieron en el orden de 3,156, 3,786 y 5,074 ha/año respectivamente.
- Se debe recordar que los resultados presentados en este informe están sujetos a errores de interpretación de las imágenes como resultado de variaciones en iluminación debido a topografía y variaciones fenológicas por cambios estacionales. Se encontró un problema adicional por la dificultad de diferenciar ciertos usos del suelo con amplio follaje de las áreas de bosque. Esto es particularmente importante en las regiones cafetaleras y las regiones con cardamomo.

## 9. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios, se debe buscar que todas las imágenes a utilizar correspondan a fechas lo más cercanas posible, para evitar que los fenómenos fenológicos y la variación en contenido de humedad puedan interferir con la identificación de los bosques.
- En las zonas con cultivos de café y de otros bajo sombra de árboles, se recomienda utilizar un sensor más sofisticado (con mayor resolución espacial y espectral) que discrimine mejor el cultivo del café del bosque natural.
- Ampliar los estudios de campo que permitan determinar en qué momento un bosque secundario en crecimiento es detectado como bosque por los diferentes sensores remotos. Esta detección de bosques secundarios fue uno de los puntos más problemáticos al momento de clasificar las imágenes.
- En el presente estudio se logró estandarizar una metodología de trabajo para lograr comparaciones de imágenes de diferentes años. Será importante ahora investigar la información de años anteriores que proveen los satélites LANDSAT y realizar otros estudios de dinámica forestal en años anteriores, al menos uno para la década de los 80's y uno para la década de los 70's.
- De igual manera, será importante institucionalizar el proceso de mapeo de bosques en Guatemala para que se puedan generar mapas comparables en períodos fijos de tiempo. Dada la secuencia de años usada en este estudio (91/93-96-01), sería importante lograr un nuevo mapa con imágenes de 2006, para así mantener el intervalo de cinco años entre cada estudio. Consideramos que este es un período apropiado para lograr observar cambios significativos en la cobertura boscosa del país.
- El esfuerzo interinstitucional que se logró en este proyecto fue una de sus mayores fortalezas y será muy importante mantener esta estrecha colaboración entre instituciones para esfuerzos futuros de mapeo a nivel nacional. Será difícil que una sola institución tenga la capacidad de completar todo el trabajo de gabinete, laboratorio y campo que estas investigaciones requieren. Además, el tener una participación institucional más amplia, resulta en un producto con mayor respaldo técnico-científico.
- El nivel de información espectral incluido en las imágenes LANDSAT no fue suficiente para lograr diferenciar tipos de bosque, un objetivo inicial que fue planteado para el proyecto. Queda entonces para futuras iniciativas lograr un mapeo adecuado que incluya tipos de bosque, para lo cual será necesario utilizar un sensor que brinde mejor resolución espectral y espacial.

## 10. LINEAS DE INVESTIGACION PROPUESTAS

En el presente estudio se determinó y cuantificó el fenómeno de la deforestación, dado por la relación entre el bosque perdido y el bosque ganado. Sin embargo, no se llega a determinar causas, motivos o alguna otra información que pueda estar relacionada. A continuación se presenta un listado de líneas y temas de investigación:

- ¿Cuáles son las principales causas de la deforestación en Guatemala?
- ¿A qué se ha debido principalmente la recuperación de áreas de bosque?
- ¿Puede existir retroceso de la frontera agrícola en algunas regiones del país?
- ¿La regeneración natural, puede recuperar exactamente el bosque antiguo que existía en el lugar?
- ¿Qué relación puede existir entre la presión demográfica y la tasa de deforestación?
- ¿Que mecanismos se podrían implementar para reducir la tasa de deforestación en el país?

En términos de metodologías de mapeo con imágenes por satélite, será importante ampliar nuestros conocimientos de qué tipo de sensores remotos son apropiados para mapear los diferentes tipos de uso de la tierra. También es importante hacer un estudio longitudinal en un período de un año para lograr información de cómo varían las reflectancias de los diferentes usos de la tierra a lo largo del año. Esto es importante ya que, por ejemplo, este estudio encontró que las plantaciones de hule son fácilmente distinguidas de los bosques naturales durante los meses de diciembre y enero debido a la defoliación que ocurre en las mismas. Cambios fenológicos de este tipo podrían lograr que otros usos de la tierra sean detectados más fácilmente en ciertas épocas del año.

A pesar de que la escala del presente estudio es suficiente para reportar datos a nivel municipal, el hecho de haber trabajado a nivel nacional hizo que el detalle de análisis a nivel municipal no sea el apropiado. En este sentido se recomienda darle seguimiento a este estudio haciendo estudios más detallados a nivel municipal. Estos estudios deberían incluir no solamente mapeo con sensores de mayor resolución, sino evaluaciones de las dinámicas socioeconómicas a nivel local que puedan estar creando las variaciones observadas.

## 11. ANEXOS

### ANEXO 1. Dinámica de la cobertura forestal a nivel municipal

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
1	<b>ALTA VERAPAZ</b>	CAHABON	-4,065	-11.30	-506	-1.40	2.68
2		CHAHAL	-2,180	-9.25	-271	-1.15	0.66
3		CHISEC	-12,082	-14.21	-1,503	-1.77	0.21
4		COBAN	-11,858	-8.60	-1,475	-1.07	0.22
5		FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	-2,256	-4.79	-281	-0.60	0.06
6		LA TINTA	-549	-5.90	-68	-0.73	0.52
7		LANQUIN	-795	-8.82	-99	-1.10	3.34
8		PANZOS	-2,522	-9.04	-315	-1.13	2.68
9		SAN CRISTOBAL VERAPAZ	101	0.55	13	0.07	0.03
10		SAN JUAN CHAMELCO	-365	-4.54	-45	-0.57	0.03
11		SAN PEDRO CARCHA	-9,695	-14.91	-1,206	-1.85	0.02
12		SANTA CRUZ VERAPAZ	504	15.68	63	1.95	0.06
13		SENAHU	-2,840	-10.66	-353	-1.33	0.49
14		TACTIC	-79	-2.45	-10	-0.30	0.19
15		TAMAHU	-625	-16.99	-78	-2.11	0.00
16		TUCURU	-983	-13.80	-122	-1.72	3.45
17	<b>BAJA VERAPAZ</b>	CUBULCO	-1,515	-5.20	-141	-0.48	5.77
18		EL CHOL	-719	-13.25	-67	-1.23	7.90
19		GRANADOS	-807	-9.68	-75	-0.90	3.02
20		PURULHA	-561	-2.36	-71	-0.30	8.49
21		RABINAL	-520	-5.05	-48	-0.47	11.81
22		SALAMA	-3,131	-11.39	-295	-1.07	11.85
23		SAN JERONIMO	-1,009	-6.87	-93	-0.64	8.11
24		SAN MIGUEL CHICAJ	-145	-2.39	-12	-0.20	4.00
25	<b>CHIMALTENANGO</b>	ACATENANGO	60	0.98	6	0.09	6.20
26		CHIMALTENANGO	-20	-0.79	-2	-0.07	0.10
27		EL TEJAR	-5	-0.25	0	-0.02	0.31
28		PARRAMOS	30	4.59	3	0.43	0.28
29		PATZICIA	2	0.12	0	0.01	0.79
30		PATZUN	5	0.05	0	0.01	2.48
31		SAN ANDRES ITZAPA	121	4.39	11	0.41	2.24
32		SAN JOSE POAQUIL	-156	-2.61	-14	-0.24	0.49
33		SAN JUAN COMALAPA	59	1.28	5	0.12	2.97
34		SAN MARTIN JILOTEPEQUE	-620	-2.69	-57	-0.25	2.96
35		SAN MIGUEL POCHUTA	-42	-0.80	-4	-0.07	0.38
36		SAN PEDRO YEPOCAPA	-144	-1.44	-13	-0.13	2.69
37		SANTA APOLONIA	-44	-1.53	-4	-0.14	5.27
38		SANTA CRUZ BALANYA	-8	-1.65	-1	-0.15	0.00
39		TECPAN GUATEMALA	-870	-5.87	-81	-0.54	5.41
40	ZARAGOZA	19	0.83	2	0.08	0.12	
41	<b>CHIQUMULA</b>	CAMOTAN	-1,053	-14.71	-105	-1.46	0.12
42		CHIQUMULA	-2,053	-30.20	-204	-3.00	0.03
43		CONCEPCION LAS MINAS	-1,348	-19.02	-134	-1.89	0.03
44		ESQUIPULAS	-4,023	-23.00	-400	-2.28	0.17
45		IPALA	-204	-38.24	-20	-3.80	0.21
46		JOCOTAN	-1,513	-34.93	-150	-3.47	0.06
47		OLOPA	-1,122	-31.57	-111	-3.13	0.11

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)	
48	<b>CHIQUMULA</b>	QUETZALTEPEQUE	-1,690	-25.02	-168	-2.48	0.06	
49		SAN JACINTO	-383	-46.76	-38	-4.64	1.13	
50		SAN JOSE LA ARADA	-234	-11.36	-23	-1.13	0.49	
51		SAN JUAN ERMITA	-763	-54.53	-76	-5.42	0.45	
55	<b>EL PROGRESO</b>	EL JICARO	-107	-42.63	-11	-4.23	0.00	
56		GUASTATOYA	-618	-39.63	-59	-3.77	3.42	
57		MORAZAN	-2,007	-12.27	-186	-1.14	11.93	
58		SAN AGUSTIN ACASAGUASTLAN	-2,124	-9.31	-208	-0.91	5.90	
59		SAN ANTONIO LA PAZ	-643	-12.53	-60	-1.16	8.58	
60		SAN CRISTOBAL ACASAGUASTLAN	-982	-12.80	-98	-1.27	0.00	
61		SANARATE	-1,440	-25.86	-133	-2.39	4.36	
62		SANSARE	-421	-17.72	-40	-1.70	3.43	
63		<b>ESCUINTLA</b>	ESCUINTLA	-908	-9.00	-84	-0.83	0.23
64			GUANAGAZAPA	41	1.88	4	0.17	0.12
65	IZTAPA		-29	-3.69	-3	-0.34	9.24	
66	LA DEMOCRACIA		-436	-43.91	-40	-4.07	0.52	
67	LA GOMERA		-248	-8.35	-23	-0.77	1.43	
68	MASAGUA		-347	-25.33	-32	-2.35	0.17	
69	NUEVA CONCEPCION		-122	-11.36	-11	-1.05	0.42	
70	PALIN		-10	-0.26	-1	-0.02	0.51	
71	SAN JOSE		-128	-13.80	-12	-1.28	3.13	
72	SAN VICENTE PACAYA		-44	-0.62	-4	-0.06	4.58	
73	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		-1,039	-18.63	-96	-1.72	0.30	
74	SIQUINALA		-272	-5.01	-25	-0.46	0.19	
75	TIQUISATE		-19	-3.95	-2	-0.37	0.29	
76	<b>GUATEMALA</b>	AMATITLAN	-49	-1.25	-4	-0.12	0.88	
77		CHINAUTLA	-463	-10.49	-43	-0.97	1.86	
78		CHUARRANCHO	-671	-15.11	-62	-1.40	0.71	
79		FRAIJANES	70	1.17	6	0.11	0.06	
80		GUATEMALA	-579	-9.31	-54	-0.86	0.68	
81		MIXCO	-344	-8.20	-32	-0.76	0.44	
82		PALENCIA	332	4.93	31	0.46	15.56	
83		SAN JOSE DEL GOLFO	-311	-12.91	-29	-1.20	0.54	
84		SAN JOSE PINULA	429	5.46	40	0.51	14.51	
85		SAN JUAN SACATEPEQUEZ	-650	-3.90	-60	-0.36	6.05	
86		SAN MIGUEL PETAPA	0	0.00	0	0.00	2.61	
87		SAN PEDRO AYAMPUC	-335	-5.61	-31	-0.52	1.62	
88		SAN PEDRO SACATEPEQUEZ	-2	-0.12	0	-0.01	6.89	
89		SAN RAIMUNDO	-615	-8.43	-57	-0.78	5.66	
90		SANTA CATARINA PINULA	75	2.26	7	0.21	1.34	
91		VILLA CANALES	-68	-0.96	-6	-0.09	0.71	
92		VILLA NUEVA	6	0.51	1	0.05	0.86	
93	<b>HUEHUETENANGO</b>	AGUACATAN	-309	-14.54	-35	-1.65	0.15	
94		CHIANTLA	-170	-2.34	-3	-0.05	0.06	
95		COLOTENANGO	-25	-4.28	-2	-0.38	0.00	
96		CONCEPCION HUISTA	376	7.69	34	0.69	0.12	

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
97	<b>HUEHUETENANGO</b>	CUILCO	-1,954	-10.91	-175	-0.98	0.77
98		HUEHUETENANGO	-573	-16.63	-51	-1.48	0.26
99		IXTAHUACAN	435	10.98	39	0.99	0.03
100		JACALTENANGO	-627	-12.43	-56	-1.12	0.14
101		LA DEMOCRACIA	-442	-11.98	-40	-1.08	0.00
102		LA LIBERTAD	17	0.73	2	0.07	0.29
103		MALACATANCITO	-2,508	-20.06	-232	-1.85	0.22
104		NENTON	-2,484	-12.16	-223	-1.09	4.66
105		SAN ANTONIO HUISTA	259	7.75	23	0.70	0.00
106		SAN GASPAR IXCHIL	115	21.80	10	1.96	0.04
107		SAN JUAN ATITAN	-314	-11.95	-28	-1.07	0.00
108		SAN JUAN IXCOY	-609	-6.69	-67	-0.73	0.18
109		SAN MATEO IXTATAN	-4,939	-13.65	-468	-1.29	10.83
110		SAN MIGUEL ACATAN	-912	-18.92	-82	-1.70	0.00
111		SAN PEDRO NECTA	-166	-17.22	-15	-1.55	0.00
112		SAN RAFAEL LA INDEPENDENCIA	-87	-5.29	-8	-0.48	0.00
113		SAN RAFAEL PETZAL	-26	-2.34	-2	-0.21	0.00
114		SAN SEBASTIAN COATAN	-2,952	-37.35	-265	-3.35	0.00
115		SAN SEBASTIAN HUEHUETENANGO	-874	-38.39	-78	-3.45	0.10
116		SANTA ANA HUISTA	-161	-19.34	-14	-1.74	0.02
117		SANTA BARBARA HUEHUE	111	2.98	10	0.27	0.01
118		SANTA CRUZ BARILLAS	-6,945	-14.92	-855	-1.84	3.19
119		SANTA EULALIA	-2,815	-16.15	-293	-1.68	0.00
120		SANTIAGO CHIMALTENANGO	-86	-14.59	-8	-1.31	0.00
121		SOLOMA	-198	-3.23	-20	-0.32	0.01
122		TECTITAN	-197	-2.83	-18	-0.25	0.02
123		TODOS SANTOS CUCHUMATAN	-1,907	-25.13	-171	-2.26	0.39
124	<b>IZABAL</b>	EL ESTOR	-6,548	-6.66	-814	-0.83	2.64
125		LIVINGSTON	-6,989	-5.06	-869	-0.63	2.03
126		LOS AMATES	-4,469	-15.75	-552	-1.94	0.84
127		MORALES	-9,193	-20.04	-1,143	-2.49	1.42
128		PUERTO BARRIOS	-14,620	-23.42	-1,818	-2.91	6.97
129	<b>JALAPA</b>	JALAPA	-2,250	-10.45	-226	-1.05	1.37
130		MATAQUESCUINTLA	242	2.25	22	0.21	9.25
131		MONJAS	-148	-10.62	-15	-1.05	0.14
132		SAN CARLOS ALZATATE	-354	-9.08	-35	-0.90	0.05
133		SAN LUIS JILOTEPEQUE	-822	-26.49	-82	-2.63	0.17
134		SAN MANUEL CHAPARRON	-72	-37.80	-7	-3.75	0.10
135		SAN PEDRO PINULA	-3,788	-39.05	-376	-3.88	0.08
136	<b>JUTIAPA</b>	AGUA BLANCA	-128	-31.01	-13	-3.08	0.38
137		ASUNCION MITA	-1,180	-46.23	-117	-4.59	2.49
138		ATESCATEMPA	-357	-27.82	-35	-2.76	2.44
139		COMAPA	-299	-54.30	-30	-5.39	0.38
140		CONGUACO	-366	-30.57	-36	-3.04	1.71
141		EL ADELANTO	-56	-47.82	-6	-4.75	0.26
142		EL PROGRESO	-8	-19.79	-1	-1.96	0.17

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
143	<b>JUTIAPA</b>	JALPATAGUA	-424	-26.26	-42	-2.61	2.04
144		JEREZ	-130	-26.06	-13	-2.59	0.18
145		JUTIAPA	-1,680	-15.84	-167	-1.57	0.21
146		MOYUTA	-1,657	-22.57	-165	-2.24	3.01
147		PASACO	-538	-32.73	-53	-3.24	4.65
148		QUEZADA	-347	-17.42	-34	-1.73	0.07
149		SAN JOSE ACATEMPA	-13	-0.30	-1	-0.02	0.05
150		SANTA CATARINA MITA	-354	-34.42	-35	-3.42	0.16
151		YUPILTEPEQUE	-122	-36.25	-12	-3.60	0.13
152		ZAPOTITLAN	-183	-55.51	-18	-5.51	1.11
153	<b>PETEN</b>	DOLORES	-59,453	-40.31	-8,704	-5.90	0.14
154		FLORES	-2,809	-0.78	-368	-0.10	1.96
155		LA LIBERTAD	-88,957	-19.17	-11,487	-2.47	0.95
156		MELCHOR DE MENCOS	-9,094	-4.76	-1,432	-0.75	0.05
157		POPTUN	-21,107	-27.08	-2,982	-3.83	0.03
158		SAN ANDRES	-19,119	-2.81	-2,439	-0.36	0.52
159		SAN BENITO	-5,180	-21.15	-661	-2.70	1.86
160		SAN FRANCISCO	-28,498	-25.99	-4,031	-3.68	0.54
161		SAN JOSE PETEN	-1,793	-0.92	-229	-0.12	1.81
162		SAN LUIS	-35,448	-20.75	-5,179	-3.03	0.21
163		SANTA ANA	-14,253	-20.50	-2,171	-3.12	0.04
164		SAYAXCHE	-45,323	-33.80	-7,729	-5.76	1.86
165	<b>QUETZALTENANGO</b>	ALMOLONGA	-5	-1.32	0	-0.12	0.24
166		CABRICAN	82	1.75	10	0.22	0.00
167		CAJOLA	-48	-5.86	-6	-0.75	0.03
168		CANTEL	-8	-0.43	-1	-0.04	0.12
169		COATEPEQUE	-48	-3.24	-6	-0.41	1.18
170		COLOMBA COSTA CUCA	-669	-10.83	-85	-1.38	7.34
171		CONCEPCION CHIQURICHAPA	-6	-0.73	-1	-0.09	0.09
172		EL PALMAR	-56	-2.24	-4	-0.14	33.43
173		FLORES COSTA CUCA	224	31.57	29	4.03	0.00
174		GENOVA COSTA CUCA	1	0.13	0	0.02	0.13
175		HUITAN	85	6.25	11	0.80	0.00
176		LA ESPERANZA	4	2.95	0	0.30	0.10
177		OLINTEPEQUE	-3	-0.47	0	-0.04	0.02
178		OSTUNCALCO	-193	-4.41	-25	-0.56	13.98
179		PALESTINA DE LOS ALTOS	-24	-2.22	-3	-0.28	0.00
180		QUETZALTENANGO	83	2.70	9	0.29	5.69
181		SALCAJA	-5	-43.75	0	-4.05	0.13
182		SAN CARLOS SIJA	-190	-2.43	-14	-0.17	0.03
183		SAN FRANCISCO LA UNION	9	2.00	1	0.19	0.06
184		SAN MARTIN SACATEPEQUEZ	-168	-4.74	-21	-0.60	57.80
185		SAN MATEO	-4	-0.92	-1	-0.11	0.00
186		SAN MIGUEL SIGUILA	-32	-5.05	-4	-0.63	0.05
187		SIBILIA	103	9.77	13	1.25	0.02
188		ZUNIL	53	1.27	5	0.12	4.34
189	<b>QUICHE</b>	CANILLA	-236	-8.96	-22	-0.83	2.28
190		CHAJUL	-1,076	-3.12	-134	-0.39	0.12

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
191	<b>QUICHE</b>	CHICAMAN	-867	-4.02	-108	-0.50	0.35
192		CHICHE	-520	-9.39	-48	-0.87	0.04
193		CHICHICASTENANGO	-562	-3.65	-52	-0.34	6.39
194		CHINIQUE	-268	-7.41	-25	-0.69	0.53
195		CUNEN	-340	-4.47	-42	-0.56	0.11
196		IXCAN	-13,765	-16.65	-1,712	-2.07	0.02
197		JOYABAJ	-1,768	-8.17	-164	-0.76	0.97
198		NEBAJ	-2,252	-5.74	-280	-0.71	0.12
199		PACHALUM	-167	-10.64	-16	-0.99	0.18
200		PATZITE	-116	-4.34	-11	-0.40	0.07
201		SACAPULAS	-958	-11.98	-89	-1.11	2.57
202		SAN ANDRES SAJCABAJA	-222	-9.06	-21	-0.88	1.08
203		SAN ANTONIO ILOTENANGO	-577	-10.13	-53	-0.94	0.26
204		SAN BARTOLOME JOCOTENANGO	-326	-6.41	-30	-0.59	4.74
205		SAN JUAN COTZAL	65	0.93	8	0.12	0.02
206		SAN PEDRO JOCOPILAS	-1,491	-11.52	-138	-1.07	1.81
207		SANTA CRUZ DEL QUICHE	-259	-4.79	-24	-0.44	0.38
208		USPANTAN	-2,260	-6.12	-279	-0.75	0.14
209		ZACUALPA	-669	-4.66	-62	-0.43	5.26
210	<b>RETALHULEU</b>	CHAMPERICO	52	5.18	7	0.66	8.25
211		EL ASINTAL	13	1.06	2	0.13	0.22
212		NUEVO SAN CARLOS	28	1.69	4	0.22	0.48
213		RETALHULEU	471	7.56	60	0.97	4.37
214		SAN ANDRES VILLA SECA	-83	-7.20	-8	-0.67	1.46
215		SAN FELIPE	-27	-4.91	-2	-0.33	0.04
216		SAN MARTIN ZAPOTITLAN	-8	-11.79	-1	-1.09	0.58
217		SAN SEBASTIAN	12	4.94	2	0.80	0.00
218		SANTA CRUZ MULUA	-56	-10.33	-5	-0.98	2.94
219	<b>SACATEPEQUEZ</b>	ANTIGUA GUATEMALA	-55	-1.39	-5	-0.13	2.36
220		CIUDAD VIEJA	-43	-2.98	-4	-0.28	0.47
221		JOCOTENANGO	-8	-2.19	-1	-0.20	4.13
222		MAGDALENA MILPAS ALTAS	4	0.54	0	0.05	3.91
223		PASTORES	-1	-0.06	0	-0.01	0.89
224		SAN ANTONIO AGUAS CALIENTES	2	1.34	0	0.12	0.00
225		SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS	66	27.48	6	2.54	12.13
226		SAN JUAN ALOTENANGO	-32	-0.81	-3	-0.07	2.27
227		SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	16	1.14	1	0.11	1.63
228		SAN MIGUEL DUEÑAS	30	1.26	3	0.12	0.52
229		SANTA CATARINA BARAHONA	0	-0.05	0	0.00	0.00
230		SANTA LUCIA MILPAS ALTAS	4	0.85	0	0.08	0.20
231		SANTA MARIA DE JESUS	95	4.27	9	0.40	2.98

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
232	<b>SACATEPEQUEZ</b>	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	-17	-0.84	-2	-0.08	1.61
233		SANTO DOMINGO XENACUJ	57	4.35	5	0.40	9.84
234		SUMPANGO	-45	-2.45	-4	-0.23	14.24
235	<b>SAN MARCOS</b>	AYUTLA	15	28.45	2	3.63	1.08
236		CATARINA	36	4.40	5	0.56	0.04
237		COMITANCILLO	69	1.77	9	0.22	0.00
238		CONCEPCION TUTUAPA	-272	-4.33	-24	-0.39	0.01
239		EL QUETZAL	-221	-7.33	-28	-0.94	2.26
240		EL RODEO	-89	-4.57	-11	-0.58	0.00
241		EL TUMBADOR	-466	-8.13	-60	-1.04	9.71
242		ESQUIPULAS PALO GORDO	-126	-7.46	-16	-0.95	45.87
243		IXCHIGUAN	-108	-3.54	-14	-0.45	0.46
244		LA REFORMA	-195	-11.11	-25	-1.42	28.99
245		MALACATAN	167	4.83	21	0.62	0.03
246		NUEVO PROGRESO	-100	-2.22	-13	-0.28	9.29
247		OCOS	81	9.97	10	1.27	12.40
248		PAJAPITA	73	16.92	9	2.16	0.50
249		RIO BLANCO	77	5.87	10	0.75	0.00
250		SAN ANTONIO SACATEPEQUEZ	0	-0.01	0	0.00	0.04
251		SAN CRISTOBAL CUCHO	-59	-10.12	-8	-1.29	20.75
252		SAN JOSE OJETENAM	6	0.30	0	0.02	0.01
253		SAN LORENZO SAN MARCOS	145	12.13	19	1.55	0.00
254		SAN MARCOS	-65	-1.42	-8	-0.18	10.52
255		SAN MIGUEL IXTAHUACAN	-14	-0.28	-1	-0.03	0.02
256		SAN PABLO	-545	-10.03	-70	-1.28	8.21
257		SAN PEDRO SACATEPEQUEZ SM	-170	-4.97	-22	-0.63	2.55
258		SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA	-121	-5.81	-15	-0.74	0.59
259		SIBINAL	-410	-11.11	-52	-1.42	22.10
260		SIPACAPA	-629	-13.14	-58	-1.21	0.01
261		TACANA	-342	-2.55	-35	-0.26	0.61
262		TAJUMULCO	-797	-8.56	-102	-1.09	18.62
263		TEJUTLA	133	3.30	19	0.48	0.00
264	<b>SANTA ROSA</b>	BARBERENA	45	0.61	4	0.06	0.05
265		CASILLAS	-454	-5.03	-44	-0.48	3.66
266		CHIQUIMULILLA	-382	-5.31	-37	-0.51	1.92
267		CUILAPA	46	0.74	4	0.07	0.16
268		GUAZACAPAN	-30	-3.06	-3	-0.28	0.21
269		NUEVA SANTA ROSA	3	0.08	0	0.01	0.06
270		ORATORIO	-903	-16.03	-89	-1.59	2.47
271		PUEBLO NUEVO VIÑAS	-57	-0.47	-5	-0.04	0.16
272		SAN JUAN TECUACO	-16	-2.11	-1	-0.20	0.03
273		SAN RAFAEL LAS FLORES	-369	-14.39	-35	-1.35	10.07
274		SANTA CRUZ NARANJO	19	0.96	2	0.09	0.42
275		SANTA MARIA IXHUATAN	-16	-0.29	-2	-0.04	4.27

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
276	<b>SANTA ROSA</b>	SANTA ROSA DE LIMA	26	0.62	2	0.06	1.27
277		TAXISCO	-606	-7.15	-56	-0.66	1.63
278	<b>SOLOLA</b>	CONCEPCION	-154	-16.55	-14	-1.53	2.33
279		NAHUALA	49	0.84	5	0.08	2.48
280		PANAJACHEL	-11	-3.53	-1	-0.33	2.13
281		SAN ANDRES SEMETABAJ	-228	-9.48	-21	-0.88	0.83
282		SAN ANTONIO PALOPO	12	1.52	1	0.14	0.69
283		SAN JOSE CHACAYA	4	0.65	0	0.06	0.30
284		SAN JUAN LA LAGUNA	6	0.31	1	0.03	0.43
285		SAN LUCAS TOLIMAN	210	6.37	19	0.59	0.59
286		SAN MARCOS LA LAGUNA	7	4.29	1	0.40	2.73
287		SAN PABLO LA LAGUNA	9	8.33	1	0.77	0.60
288		SAN PEDRO LA LAGUNA	54	1.85	5	0.17	1.08
289		SANTA CATARINA IXTAHUACAN	-15	-0.19	-1	-0.02	0.16
290		SANTA CATARINA PALOPO	9	7.47	1	0.69	6.03
291		SANTA CLARA LA LAGUNA	11	2.20	1	0.20	0.00
292		SANTA CRUZ LA LAGUNA	0	-0.29	0	-0.03	3.58
293		SANTA LUCIA UTATLAN	30	1.58	3	0.15	0.06
294		SANTA MARIA VISITACION	-7	-0.56	-1	-0.05	0.00
295		SANTIAGO ATITLAN	242	3.10	22	0.29	0.62
296		SOLOLA	-242	-4.15	-22	-0.38	7.87
297	<b>SUCHITEPEQUEZ</b>	CHICACAO	-280	-5.13	-26	-0.48	0.25
298		CUYOTENANGO	-65	-4.18	-4	-0.24	2.22
299		MAZATENANGO	-89	-10.16	-8	-0.94	3.07
300		PATULUL	-274	-4.57	-25	-0.42	0.04
301		PUEBLO NUEVO	-4	-0.98	0	-0.09	0.16
302		RIO BRAVO	-124	-13.67	-11	-1.27	0.00
303		SAMAYAC	-44	-26.60	-4	-2.46	0.02
304		SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ	-157	-13.29	-15	-1.23	0.19
305		SAN BERNARDINO	-18	-18.27	-2	-1.69	0.00
306		SAN FRANCISCO ZAPOTITLAN	-4	-0.58	0	-0.05	1.48
307		SAN GABRIEL	-22	-34.61	-2	-3.20	11.01
308		SAN JOSE IDOLO	-58	-22.29	-5	-2.06	2.15
309		SAN JUAN BAUTISTA	-76	-11.21	-7	-1.04	0.09
310		SAN LORENZO	-4	-0.62	0	-0.06	2.12
311		SAN MIGUEL PANAM	-102	-14.81	-9	-1.37	1.62
312		SAN PABLO JOCOPILAS	10	8.43	1	0.78	0.00
313		SANTA BARBARA	-173	-4.46	-16	-0.41	0.06
314		SANTO DOMINGO SUCHITEPEQUEZ	-79	-12.00	-7	-1.11	3.28
315		SANTO TOMAS LA UNION	13	25.47	1	2.36	0.00
316		ZUNILITO	61	19.50	6	1.81	0.00
317	<b>TOTONICAPAN</b>	MOMOSTENANGO	-2,291	-14.30	-212	-1.32	0.60
318		SAN ANDRES XECUL	-22	-7.43	-2	-0.69	0.00
319		SAN BARTOLO AGUAS CALIENTES	-651	-18.53	-60	-1.72	0.82

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Cambio 91/93-01 (ha)	Cambio 91/93-01 (%)	Cambio Anual (ha/Año)	Cambio Anual (%)	Sin Info (%)
320	<b>TOTONICAPAN</b>	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN	-28	-5.26	-3	-0.49	0.04
321		SAN FRANCISCO EL ALTO	-10	-0.64	-1	-0.06	0.69
322		SANTA LUCIA LA REFORMA	-375	-23.13	-35	-2.14	0.78
323		SANTA MARIA CHIQUMULA	-1,652	-11.86	-153	-1.10	0.34
324		TOTONICAPAN	-240	-1.72	-22	-0.16	0.90
325	<b>ZACAPA</b>	CABAÑAS	-195	-37.56	-19	-3.73	0.04
326		ESTANZUELA	-43	-60.89	-4	-6.05	0.13
327		GUALAN	-2,737	-10.04	-286	-1.05	0.92
328		HUITE	-72	-16.81	-7	-1.67	0.01
329		LA UNION	-1,802	-13.43	-179	-1.33	0.00
330		RIO HONDO	-2,380	-9.85	-238	-0.99	0.34
331		SAN DIEGO	-1,207	-48.46	-120	-4.81	0.03
332		TECULUTAN	-1,751	-13.76	-174	-1.37	0.89
333		UZUMATLAN	-388	-16.74	-39	-1.66	0.02
334		ZACAPA	-1,613	-19.16	-160	-1.90	0.00

- Aparecen sombreados los municipios que tienen más del 20% de su extensión sin información por presencia de nubes y sombras.
- Los cambios reportados son netos (ganancia-pérdida).
- Los cambios porcentuales son con respecto al bosque existente en 1991/93.

**ANEXO 2. Formulario de Verificación de Campo para Imágenes de Satélite***Proyecto: Mapa de Cobertura Forestal 2,001*

		Correlativo No.		
Fecha (mes en letras) (dd/mmm/aa)			Hora:	
<b>País</b> Gua	<b>Departamento:</b>		<b>Municipio:</b>	
<b>Nombre del Colector que hace la muestra:</b>				
<b>Tipo de Muestra:</b>	<b>Clasificación</b>		<b>Verificación</b>	
<b>Tipo de Observación:</b>	<b>Preestablecido</b>		<b>Alternativo</b>	
<b>Coordenadas (grad min seg): Latitud</b>			<b>Longitud</b>	
<b>Archivo donde se guardó la información:</b>			<b>Exactitud de posición:</b>	

Descripción Topográfica del Area (**marque con una X**)

Plano		Ondulado		Inclinado		Pendiente %	
Azimut de la Pendiente (grados)				Elevación (msnm)			

Tipos de Cobertura de la Tierra (**marque solo una categoría con una X**)

				Quemado	No Quemado
Natural	Bosque	Latifoliado			
		Conífero			
		Mixto			
	No Bosque	Humedal			
		Arbustal			
		Bajo			
	Pasto				
No Natural	Bosque	Plantado	Latifoliado		
			Conífero		
		Secundario	Avanzado (> 5 mts.altura)		
			Joven (< 5 mts. altura)		
	No Bosque	Café u otro cultivo permanente	Con Sombra		
			Sin sombra		
		Agricultura	Hortaliza		
			Anual ( Maíz, Caña de Azúcar)		
			Tierra en Preparación		
			Pastos		
		Sin Vegetación	Urbano		
			Estéril (arena, Roca)		
Está inundado el Sitio al momento de la muestra				SI	NO

Especies Vegetales Dominantes

Nombre (científico si es posible)	Cultivado	Natural

Estructura del Bosque (si es el caso):

Cierre de la Copa:	Denso		Ralo		Altura de la Copa	Alto (>20 m)		Medio (10 y 20 m)		Bajo (< 10 m)
--------------------	-------	--	------	--	-------------------	--------------	--	-------------------	--	---------------

DAP Promedio de los Arboles (centímetros), Si los Hay

< de 10	Entre 11-20	Entre 21-30	Entre 31-50	> de 50
Area Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Coníferas		Latifoliadas	

Influyen los Cambios Estacionales en el Uso y Cobertura de la Tierra ¿?

**Por ejemplo, ¿Botan las hojas significativamente los árboles?, ¿se cosecha el cultivo ?, ¿Poda de Sombra en los cafetales?, etc.**

Foto Tomada	SI	NO	# de Rollo	# de Fotografía
Azimut de la Fotografía (grados)				

(Opcional) OBSERVACIONES SOBRE LA HISTORIA DEL USO DEL SUELO

Fecha aproximada en que se incurrieron en cambios en uso de la tierra y edad estimada de la vegetación observada


DIBUJO (Vista Aérea). Indique el lugar donde se tomó el punto GPS, la dirección Norte y los accidentes naturales de importancia de su alrededor, incluyendo las distancias

Si en su recorrido, identifica alguna intersección que considere importante (río, puente, etc.) favor anotarlos abajo

Lugar Intersección	Coordenadas geográficas Latitud (N) (grad min seg)	Coordenadas geográficas Longitud (W) (grad min seg)	Nombre del Archivo en el GPS

### **ANEXO 3. Procedimientos de Campo**

Para la realización del trabajo de campo se diseñaron las rutas correspondientes a las tomas de información para la fase de clasificación así como el formulario para recopilar esta información llamado "Formulario de verificación de campo para imágenes de satélite" cuyo objetivo principal fue proporcionar la información necesaria para hacer una descripción breve pero exacta de cada punto muestreado, logrando implementar con ellos una base de datos que serviría para crear reportes, estadísticas y controles.

Para la realización del trabajo de campo se necesitó del siguiente equipo:

1. Formulario de Campo
2. Receptor GPS (Geographic Positioning System)
3. Brújula
4. Relascopeo (para estimar área basal)
5. Cámara Fotográfica con película (o su equivalente digital)
6. Altimetro (opcional)
7. Clinómetro (opcional)
8. Bolígrafo

Consideraciones importantes durante el trabajo de Campo

- A. Las observaciones de campo de uso de suelo fueron tomadas en un área representativa que pudiera ser identificada en una imagen de satélite, normalmente un área mínima de 60X60 metros.
- B. Se realizaron las observaciones alejados de los bordes del uso del suelo en estudio por lo menos a 50 metros de cualquier orilla.
- C. Para tener un uso adecuado del receptor GPS se tomó en cuenta la densidad del follaje del bosque, número de satélites ubicados con el receptor y señal óptima para la lectura de las coordenadas de los puntos marcados.
- D. La muestra de clasificación se tomó en cualquier sitio donde se haya identificado un área representativa con un uso del suelo de interés para este proyecto.
- E. La muestra de verificación se tomó con una coordenada ya establecida y serviría para hacer la comprobación de la clasificación de las imágenes. Si por algún motivo no se pudo llegar a la coordenada establecida, se indicó en el formulario realizándose una observación en un sitio alternativo.

Descripción de campos y forma en que se llenó el formulario:

**Correlativo.** Este número está predeterminado de la siguiente manera:

Del 1000 al 1999 correspondieron al Instituto Nacional de Bosques (INAB)

Del 2000 al 2999 correspondieron al Consejo Nacional de Areas Protegidas (CONAP)

Del 3000 al 3999 correspondieron a la Universidad Del Valle de Guatemala

**Fecha.** Este campo se refiere a la fecha en que se recogió los datos, se escribió primero el día, luego el mes en letras y por último el año.

**Hora.** Se refiere a la hora que se tomó la muestra de campo, debiéndose especificar ésta en un formato de 12 horas especificando si es por la mañana (a.m.) o por la tarde (p.m.).

**País.** Es el nombre del país donde se tomaron los datos, aparece ya escrita la palabra Guatemala.

**Departamento.** En esta casilla debe escribirse el nombre del departamento de Guatemala, donde se tomó la muestra.

**Municipio.** En esta casilla se escribió el municipio donde se tomó la muestra, si no se estaba seguro por estar cerca del límite de dos municipios pueden escribirse los dos nombres.

**Nombre del Colector de la muestra.** En esta casilla se anotó el nombre de la persona que llenó la boleta, opcionalmente se puede escribir luego los de las personas que ayudaron a tomar la muestra.

**Tipo de Muestra.** Esta hace referencia a dos tipos de muestra y sirven para identificar si los datos van a ser tomados para Clasificación o Verificación de las Imágenes de Satélite.

**Tipo de Observación.** Esta hace referencia a dos tipos de observación: Preestablecido si la observación se hizo en un lugar predefinido de acuerdo al uso del suelo o clase requerida y Alternativo: Si el lugar predefinido no puede ser alcanzado por alguna razón es posible tomar una muestra en un sitio alternativo si el uso del suelo en ese lugar es relevante para la clasificación de la imagen respectiva.

**Coordenadas Geográficas.** Estas son coordenadas expresadas en grados, minutos y segundos en una posición Latitud y Longitud. Se utilizó el Datum WGS84.

**Archivo donde se guardó la información.** En esta casilla debe escribirse el nombre del archivo del GPS donde se guardaron las coordenadas geográficas para el formulario.

**Exactitud de Posición.** En esta casilla se escribió el número que se obtuvo del GPS con el nombre EPE para los GPS Garmin que se utilizaron en el proyecto. (Ver en descripción de equipo utilizado).

**Descripción Topográfica del Área.** Es la descripción general del terreno donde se hizo la muestra (25 metros de acción). El terreno es plano aunque se encuentre encima de un cerro; el terreno es ondulado si tiene pequeñas ondulaciones, sin que las pendientes lleguen a ser muy pronunciadas; es inclinado si el punto se ha tomado en un terreno inclinado en una ladera de una colina donde tendrá que describir la pendiente en porcentaje de inclinación pudiéndose medir con un clinómetro o calculado visualmente por el técnico forestal que tomó la muestra con base a su experiencia y conocimiento, además debe incluir el azimut de la pendiente o sea los grados medidos desde el norte en dirección de las agujas del reloj y la elevación sobre el nivel del mar del punto donde se tomó la muestra proporcionado por el GPS o bien medido con un altímetro barométrico.

**Tipos de cobertura de la Tierra.** Son las diferentes categorías naturales y no naturales de tipos de cobertura. La categoría Natural se refiere a un área que no haya tenido intervención humana significativa en época reciente (100 años), mientras que la categoría No Natural se refiere a un área de vegetación que creció a causa de los distintos usos que el ser humano le ha dado al suelo, así como el empleo irracional del fuego en el laboreo agrícola, con el afán expansivo de lograr áreas para cultivos y pastoreo. Estas dos categorías, a su vez se subdividen en Bosque o No Bosque tomando como Bosque a toda superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 40%, formando una masa continua de un mínimo de 0.5 hectárea. Mientras No Bosque se refiere a cualquier otro uso del suelo que no cumpla con la definición anterior. Todos estos datos se utilizaron para la clasificación de las imágenes de satélite.

Para diferenciar las columnas de Quemado y No-Quemado, se debe de tomar en cuenta que para identificar un bosque quemado, el bosque debe de tener quemado el tronco y el fuego debió haber alcanzado la copa de los árboles. Si no se cumple con los dos requisitos anteriores, se tomará como bosque no quemado.

Los tipos de cobertura pre-definidos son:

- **Natural Bosque.** Se refiere a los bosques de especies Latifoliadas, Coníferas y Mixtas en los cuales no hubo intervención del hombre en su crecimiento o no fueron plantados y que en su etapa de madurez sobrepasan los 5 metros de altura.
- **Latifoliado:** Se refiere a bosques con mayoría de árboles de hoja ancha, para clasificarlo en el formulario se debe tomar en cuenta que tenga más de 70% del área basal de especies latifoliadas.
- **Conífero:** Se refiere a un bosque de pinos y para su clasificación en el formulario será cuando tenga más del 70% del área basal de especies de coníferas.
- **Mixto:** Es un bosque compuesto por especies de Latifoliadas y Coníferas; y en el formulario se debe identificar como mixto cuando tenga entre 30% y 70% de especies latifoliadas o coníferas.
- **Natural No-Bosque.** Cualquier otra vegetación no intervenida recientemente en forma drástica o plantada con un propósito específico.
- **Humedal.** Es la tierra donde la saturación con el agua es el factor dominante y su característica principal, y está saturado periódicamente o cubierto por el agua. La vegetación principal consiste de gramíneas.
- **Arbustal.** Conjunto de plantas leñosas con uno o varios troncos o tallos principales pero que no alcanza los 5 metros de altura en su estado de madurez.
- **Bajo.** Conjunto de plantas leñosas con uno o varios troncos o tallos principales pero que no alcanza los 3 metros de altura en su madurez, también se encuentran asociados con pastos y crecen en sectores de topografía irregular o cerca de los humedales.
- **Pasto.** Comprenden vegetación de crecimiento natural compuestas por gramíneas y herbáceas arbustivas, en tierras no inundables.
- **No-Natural Bosque.** Se refiere a los bosques de especies Latifoliadas, Coníferas y Mixtas plantados por el ser humano con especies locales o exóticas adaptables al medio con fines de doble propósito: protección y producción. Para este estudio también se dividieron de la siguiente forma:
  - **Plantado Latifoliado.** Se refiere a bosques de hoja ancha, y es cuando el bosque en su crecimiento sufrió la intervención del hombre. Se usará esta clasificación, cuando el bosque tenga más del 70% del área basal de especies latifoliadas.
  - **Plantado Conífero.** Se refiere a la especie de pinos y es cuando el bosque en su crecimiento sufrió la intervención del hombre. Se usó esta clasificación cuando el bosque tenía más del 70% del área basal de especies coníferas.
  - **Secundario Avanzado.** Son los bosques tanto de especies Latifoliadas como de Coníferas que aún no han llegado a su estado de madurez pero que sobrepasan los 5 metros de altura.
  - **Secundario Joven.** Son los bosques tanto de especies Latifoliadas como de Coníferas que aún no han llegado a su estado de madurez y que no sobrepasan los 5 metros de altura.
- **No-Natural No-Bosque.** Esta cobertura se refiere a todas aquellas plantaciones o cultivos permanentes o anuales, incluyendo también las zonas urbanas y tierras estériles.
- **Café u otro cultivo permanente con sombra.** Son todos los cultivos permanentes que están dentro de un bosque y este provoca una sombra permanente y cubre más del 40% del cultivo.

- Café u otro cultivo permanente sin sombra. Son todos los cultivos permanentes que están dentro de un bosque ralo que la sombra no cubre más del 40% del cultivo.
- Agricultura Hortaliza. Se refiere a todas aquellas plantas comestibles que se cultivan en las huertas y, a su vez, a la huerta como el sitio de corta extensión, generalmente cercado de pared, en que se plantan verduras, legumbres y principalmente, árboles frutales.
- Agricultura Anual. Se refiere a todas aquellas plantas cultivadas y cosechadas en su totalidad anualmente, por ejemplo, el maíz y la caña de azúcar.
- Agricultura Tierra en Preparación. Si en el sitio de observación se está trabajando la tierra para inicializar el siguiente cultivo que será cosechado; identificar este sitio se puede observar el manejo de los residuos de la cosecha anterior o la preparación del semillero de la siguiente cosecha.
- Agricultura Pastos. Comprende la vegetación de crecimiento anual compuesta por gramíneas y herbáceas arbustivas, aún a veces son pastos cultivados sin mantenimiento. Se desarrolla en gran parte de estas áreas una explotación pecuaria extensiva de ganado vacuno y caprino especialmente.
- Sin Vegetación Urbano. Se refiere a los pueblos o construcciones de concreto desde los pueblos hasta ciudades, siempre y cuando exista una concentración considerable de estructuras de concreto y asfalto.
- Sin Vegetación Estéril. Son áreas extensas en donde no existe vegetación, ni hay construcciones y no se encuentra más que arena y/o rocas.

**Inundado el sitio al momento de la muestra.** Debe contestarse marcando Sí o No y hace referencia al lugar donde se tomó la muestra con cierta área de acción de por lo menos 25 metros.

**Especies Vegetales Dominantes.** Este cuadro debe llenarse con los nombres científicos (si fuera posible) o nombres comunes de los árboles y otra vegetación importante que dominan en el sitio de la observación. De acuerdo a los conocimientos y experiencia del Técnico forestal se debió indicar si era una plantación Cultivada o Natural.

**Estructura del Bosque.** Este inciso hace referencia a las características del bosque donde se ha hecho la observación. Si el sitio no es bosque dejar en blanco las casillas referentes a la copa, DAP y área basal.

**Cierre de la copa.** Es el agrupamiento de las copas de los árboles que están formadas por ramas primarias y secundarias de los árboles: Denso, es cuando las copas de los árboles se juntan unas con otras y hace suficiente sombra, este dato será estimado visualmente por el técnico forestal y Ralo: cuando las copas de los árboles no llegan a juntarse, de modo que es fácilmente ver fuera de las copas de los árboles, y será estimado visualmente por el técnico forestal.

**Altura de la Copa.** Está representada por el alto a la cual comienza la copa de los árboles que dominan en el sitio de tres categorías que son Alto, donde la copa de los árboles se encuentra a una altura mayor de 20 metros, altura estimada visualmente o con un instrumento si está disponible, Medio, la copa de los árboles está a una altura media de entre 10 y 20 metros, altura estimada visualmente o con un instrumento si está disponible y por último, Bajo cuando la copa de los árboles está a una altura media menor de 10 metros, altura estimada visualmente o con un instrumento si está disponible.

**DAP promedio de los árboles.** Este inciso hace referencia al diámetro promedio de los árboles, el cual es medido aproximadamente a 1.50 metros del suelo; existiendo 5 opciones.

**Area Basal.** Es el área medida en m<sup>2</sup>/ha (metros cuadrados por hectárea) de árboles que se encuentran en el sitio de observación, para lo cual debe usarse el Relascopio. Se anotó el área basal de especies de Coníferas y Latifoliadas.

**¿Influyen los Cambios Estacionales en el Uso y Cobertura de la Tierra?** Este inciso se refiere a la anotación de los cambios que ocurren en diferentes épocas del año en el área de observación, tanto para vegetación como para los diferentes uso que se le da al suelo.

**Foto Tomada.** En este inciso debió especificarse si se tomó alguna fotografía y si se tomó también se anotó el número de rollo y el número de fotografía.

**Observaciones sobre la historia del uso del suelo.** Es de importancia saber si ocurrió algún fenómeno natural o bien provocado por el hombre, por ejemplo una inundación o un incendio que haya afectado de alguna manera la vegetación que se observa a la hora de tomar la muestra. Recolectar esta información fue opcional ya que no siempre fue posible tener una fuente de información.

**Dibujo.** Es un diseño aéreo del área donde se tomó el punto de GPS, indicando aproximadamente la escala del dibujo y qué es lo que hay en los alrededores del área de observación, por ejemplo, ríos, caminos o algunas construcciones importantes si las hubiera. Debió indicarse el norte.

**Intersecciones importantes.** Este inciso es opcional aunque muy importante para la comprobación de la referencia geográfica de las imágenes de satélite. Se busca tomar puntos como intersecciones de ríos con caminos que son de fácil identificación en las imágenes. Este cuadro debe llenarse con el nombre del lugar donde se tomó el punto GPS, las coordenadas en Latitud y Longitud y también debe indicarse el nombre el archivo donde se guardó dicho punto en el GPS.

La presente obra se terminó de imprimir en el mes de febrero de 2006  
en los talleres de Ediciones Superiores, S. A. Guatemala.  
El tiraje fue de 2000 ejemplares

El proyecto "Dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y Mapa de Cobertura Forestal 2001" representa el cuarto esfuerzo a nivel nacional por desarrollar un mapa de cobertura forestal y el primer esfuerzo por determinar tasas de deforestación basadas en la interpretación de imágenes por satélite.

El proyecto se completó en dos fases, la primera con la presentación del Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala para el año 2001, publicado en enero de 2004. La segunda fase del proyecto, reportada en este documento de memoria, se centró en comparar las imágenes de 2001 con imágenes 1991-93 y 1996 para poder determinar tasas de cambio en la cobertura forestal. Se determinó que anualmente entre el año 1991/93 y 2001, el país perdió en promedio 73,148 ha de bosque cada año, lo que corresponde a una tasa de deforestación de 1.43% anual.

Los autores de este proyecto entregamos este documento al pueblo de Guatemala esperando que al conocer mejor la forma en que hemos usado y a veces sobreutilizado nuestros recursos forestales, busquemos en el futuro un uso más sustentable de este valioso recurso para que las generaciones venideras también puedan disfrutar de nuestra Guatemala, como lo que siempre ha sido, una "Tierra de Bosques".

