

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

**CAMBIO EN LA COBERTURA FORESTAL
DE LA RESERVA PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX
ANALIZANDO FOTOGRAFÍAS DE 1991 Y 2001**

Trabajo de Graduación presentado por Claudia María Ortiz Paredes para optar al
grado académico de Maestría en Estudios Ambientales

Guatemala
2004

**CAMBIO EN LA COBERTURA FORESTAL
DE LA RESERVA PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX
ANALIZANDO FOTOGRAFÍAS DE 1991 Y 2001**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades


**CAMBIO EN LA COBERTURA FORESTAL
DE LA RESERVA PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX
ANALIZANDO FOTOGRAFÍAS DE 1991 Y 2001**

Trabajo de Graduación presentado por Claudia María Ortiz Paredes para optar al
grado académico de Maestría en Estudios Ambientales


Guatemala

2004


Vo.Bo. Asesor:

(f) 
Dr. Edwin Castellanos

Tribunal Examinador:

(f) 
Dr. Edwin Castellanos

(f) 
M.Sc. Arg. Angélica Arevalo de Pocasangre

(f) 
M.Sc. Licda. Julia Quiñónez

Fecha de aprobación: Guatemala 29 de noviembre del 2004.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	4
A. RELEVANCIA DEL PROYECTO	4
B. DOCUMENTOS E INSTITUCIONES DE APOYO.....	4
C. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
D. RESERVA CERRO ALUX	
E. ASPECTOS BIOFÍSICOS.....	9
III. MARCO TEÓRICO.....	13
A. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	13
B. CARTOGRAFÍA.....	15
C. COORDENADAS.....	17
D. COORDENADAS GEOGRÁFICAS	18
E. COORDENADAS UTM	19
F. ASPECTOS URBANOS.....	21
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
V. HIPÓTESIS	24
VI. OBJETIVOS.....	25
A. OBJETIVO GENERAL.....	25
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
VII. METODOLOGÍA	26

VIII.	RESULTADOS	29
IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
	A. POBLACIÓN	32
	B. ASPECTOS URBANOS.....	34
	C. DESARROLLO AGRÍCOLA	35
	D. DEFORESTACIÓN.....	35
	E. FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE	36
	F. RECURSO HÍDRICO	37
	G. ASPECTOS LEGALES.....	38
	E. POLÍTICAS AMBIENTALES.....	40
	F. INFRAESTRUCTURA	42
X.	CONCLUSIONES	44
XI.	RECOMENDACIONES	45
XII.	BIIBLIOGRAFÍA	47
XIII.	ANEXOS	50
	A. MAPAS	50
	B. GLOSARIO	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especies de vegetación en el Cerro Alux	11
Tabla 2: Ventajas y desventajas de los sensores pasivos	14
Tabla 3: Resultados uso de suelo	29
Tabla 4: Porcentaje de familias que utilizan leña como combustible.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: República de Guatemala.....	7
Figura 2: Departamentos de Guatemala y Sacatepéquez.....	7
Figura 3: Zona de reserva Cerro Alux	8
Figura 4: Mapa topográfico, temático y planimétrico	16
Figura 5: Ondulaciones del Geoide	17
Figura 6: Coordenadas polares	18
Figura 7: Sistema de coordenadas UTM.....	19
Figura 8: zonas de Guatemala	20
Figura 9 Definiciones urbanas.....	21
Figura 10: Esquema de crecimiento.....	22

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Porcentajes de reserva cubiertos por diferentes áreas urbanas, 1991- 2001 Reserva Alux.....	30
Gráfica 2 Porcentaje de cobertura forestal, 1991-2001.....	31
Gráfica 3 Municipios poblados aledaños	32

RESUMEN

Esta investigación realizada en la Reserva Natural Privada Protectora de Manantiales Cerro Alux tuvo por objetivo determinar el estado de la cobertura forestal en esta zona, utilizando la fotointerpretación como método de análisis.

En respuesta a los tres objetivos específicos definidos: (1) determinar la relación entre el incremento de la población y la disminución de la cobertura forestal en la Reserva Natural Privada Cerro Alux; (2) utilizar fotografías aéreas como método de análisis para determinar el estado de la cobertura boscosa en el Cerro Alux; (3) elaborar mapas de cobertura forestal de la Reserva Cerro Alux para el año 1991 y 2001; se obtuvieron como resultado nueve mapas; cinco de ellos generados por el proceso de fotointerpretación de fotografías aéreas de los años 1991 y 2001 y cuatro mapas que respaldan la información general de la zona de estudio.

Para elaborar los mapas fue necesario recurrir a la fotointerpretación la cual fue realizada por medio de procesos como la georreferenciación la Ortorectificación y la utilización de programas de computadora especializados; esto fue realizado con la ayuda del laboratorio de SIG y Sensores Remotos de la Universidad del Valle de Guatemala.

Los resultados obtenidos son contrarios a lo esperado, siendo una de las conclusiones el rechazo de la hipótesis: *la cobertura forestal de la Reserva Natural Privada Cerro Alux ha disminuido significativamente en el año 2001 respecto a 1991 debido en parte al incremento de la población.*

La cobertura boscosa de 1991 fue del 52% y la del 2001 fue de 58% mostrando una tasa de regeneración del 6% en un período de 10 años, se concluye que este incremento se debe a una regeneración de los árboles

principalmente en carreteras y caminos así como a la implementación de reglamentos internos de colonias residenciales ubicadas dentro de la reserva.

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación por los aspectos ambientales es una tendencia relativamente nueva; mientras en el siglo XIX la mayor preocupación se centraba en mejorar las condiciones higiénicas de los habitantes de las zonas urbanas, a partir del siglo XX científicos y políticos se han concentrado en mejorar las condiciones ambientales del planeta, con el afán de garantizar la vida en la tierra.

En la actualidad hay una creciente necesidad de comprender la interacción entre ambiente y sociedad para lo cual es necesario tener conocimientos más profundos de los sistemas biofísicos y la forma en que estos son afectados por las actividades humanas. Con el avance de la tecnología, nuevas herramientas se ponen al servicio de los ambientalistas tal es el caso de la utilización de sistemas remotos que combinados con análisis social y estadístico permiten a investigadores y científicos encontrar la relación entre el deterioro ambiental y el crecimiento poblacional.

Hoy en día se sabe que, al menos, la mitad de la cobertura forestal del planeta ha sido eliminada para dar paso a grandes planicies de pastizales, zonas urbanas y agrícolas; más de la cuarta parte del carbono almacenado en la tierra ha sido oxidado y enviado a la atmósfera convertido en dióxido de carbono.

Éste no es un fenómeno aislado, se repite alrededor del mundo y Guatemala no es la excepción. Son muchas las causas por las que los bosques de Guatemala están desapareciendo «en los últimos 18 meses el avance de la frontera agrícola ha sido de 135,000 hectáreas, el 82% de la población guatemalteca consume leña y la tasa de deforestación estimada es de 82,000 hectáreas por año» (PAFG, 5/1996).

A pesar que Guatemala es un país de vocación forestal únicamente queda cubierto de bosque el 40% del territorio nacional según datos obtenidos del Mapa de Cobertura Forestal (UVG, 2001). Las zonas urbanas son las que más sufren los efectos de la deforestación, ya que la reflexión de los rayos del sol es excesiva, la recarga de los mantos acuíferos es mínima y las áreas de recreación son escasas; «como si fuera un cáncer, el avance de la construcción amenaza con destruir los únicos pulmones de la ciudad de Guatemala: las áreas boscosas» (Kepfer 2002).

La ciudad de Guatemala empieza a tener los problemas de una gran metrópoli: contaminación ambiental por gases emitidos por fábricas y vehículos, escasez de agua, contaminación de ríos y altos niveles de violencia. Todos estos problemas pueden ser controlados con la promoción de nuevas políticas ambientales y urbanas que consideren la conservación de áreas verdes como un beneficio de rentabilidad social, no económica.

«Pronto deben tomarse decisiones políticas difíciles, apoyadas en riesgo futuros apenas perceptibles y unas posibles consecuencias económicas o de otro tipo, más próximas.» (Press 1989) Se espera que la utilización de sensores remotos combinados con investigación social sea una opción para la conservación ambiental.

Lo anterior resalta la importancia de estudiar áreas de reserva forestal cercanas a la ciudad de Guatemala por lo que se seleccionó como zona de estudio la Reserva Natural Protectora de Manantiales Cerro Alux, la cual fue declarada como área de reserva en 1997 debido principalmente a su importancia como zona de recarga hídrica; el cerro Alux se encuentra en el parte aguas que separa la vertiente del Pacífico de la vertiente del mar Caribe por lo que todos los acontecimientos influyen en ambas cuencas. La cobertura forestal tiene influencia directa sobre la capacidad de recarga hídrica por lo que con la

utilización de fotointerpretación se determinó la cobertura forestal de la zona en el 2001 y se comparó con la cobertura en 1991.

II. ANTECEDENTES

A. Relevancia del proyecto

Esta investigación plantea un modelo de trabajo para la obtención y análisis de información geofísica y estadística de una zona específica utilizando fotografías aéreas y datos estadísticos para determinar la salud de una de las zonas de reserva de mayor importancia para la ciudad de Guatemala.

Se pretende que este estudio sea tomado en cuenta para la implementación de nuevas políticas ambientales en los municipios de Mixco, Santiago Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez y Guatemala.

B. Documentos e instituciones de apoyo

Aunque la zona es de gran relevancia para la recarga hídrica del área metropolitana del departamento de Guatemala, existen pocos estudios que pueden ser utilizados como referencia. Entre los documentos consultados se encuentran: Informe Final Plan Maestro Área Protegida Sierra Alux, elaborado en julio del 2000 por la Asociación de Desarrollo para Todos (ASODESPT); estudio elaborado en 1997 por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), en colaboración con el Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG) titulado Programa de Manejo Forestal en Tierras Comunes proyecto Parque Cerro Alux-Finca el Astillero (1997). Otros documentos de importancia consultados fueron: dinámica de la Cobertura Forestal de Guatemala, durante los Años 1991, 1996 y 2001, Universidad de Indiana, Universidad del Valle de Guatemala (UVG), así como la compilación de leyes ambientales guatemaltecas, y el Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Anillo Metropolitano.

Como instituciones de apoyo se consultó al Instituto Nacional de Estadística (INE), al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), a la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y al Instituto Geográfico Nacional (IGN)

C. Delimitación de la zona de estudio

Guatemala es un país de gran riqueza natural y cultural; la búsqueda de protección de su patrimonio ha generado la declaración de 128 zonas protegidas en todo el territorio Nacional las cuales están divididas en las siguientes categorías (CONAP 2004):

- Parque Nacional
- Reserva de Biosfera
- Monumento Cultural
- Reserva Natural Privada
- Área de Protección Especial
- Zona de Veda Definitiva

La mayor concentración de población en el país se encuentra en el área metropolitana del departamento de Guatemala, mapa 1/9, siendo esta región la mayor consumidora de recursos por lo que debería existir prioridad en las políticas de conservación con la finalidad de garantizar el abastecimiento, a mediano y largo plazo de la población de la capital guatemalteca y su zona de influencia.

Cerca de la ciudad de Guatemala únicamente se encuentran dos áreas protegidas:

- Parque Nacional Naciones Unidas
- Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

El estudio se centrará en esta última zona debido a la importancia que representa para la ciudad de Guatemala la conservación de la Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Alux, mapa 1/9,

D. Reserva Cerro Alux

El Cerro Alux se encuentra situado entre los municipios de San Lucas y Santiago Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, y los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez, del departamento de Guatemala, Figuras 1 y 2. El acceso principal al área se localiza en el km. 17.5 en la carretera CA-1. La reserva es atravesada por la antigua carretera departamental que comunica a Mixco con Santiago Sacatepéquez, y algunos caminos como el que de San Lucas conduce a San Pedro Sacatepéquez (Figura 3).

La propuesta para la declaración del área Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Alux, surgió como una iniciativa de la entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), hoy Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y del Consejo de Desarrollo de la Región Metropolitana (COREDUR Región I), por lo que en el año de 1989 se conformó una comisión que se encargó de realizar las gestiones necesarias para establecer la reserva. En mayo de 1992 el entonces Alcalde de Mixco, Ing. Víctor Ruano propuso declarar el Cerro Alux como área protegida. Sin embargo es hasta 1997 cuando conforme el Decreto Legislativo 41-97 se declara oficialmente a la Cordillera Alux bajo la categoría de “Manejo Reserva Forestal Protectora de manantiales” (Figura 3), Zona de Reserva Cerro Alux. (ASODESPT 2000)

Es importante mencionar que el proceso de declaratoria de área protegida inicia de forma paralela a las negociaciones de los Acuerdos de Paz del Conflicto Armado Interno que principian en agosto de 1987, durante el gobierno del Lic.

Vinicio Cerezo Arévalo. La paz se hace oficial el 29 de diciembre de 1996, un año antes de que el área sea declarada “zona de reserva.”

Figura 1: República de Guatemala

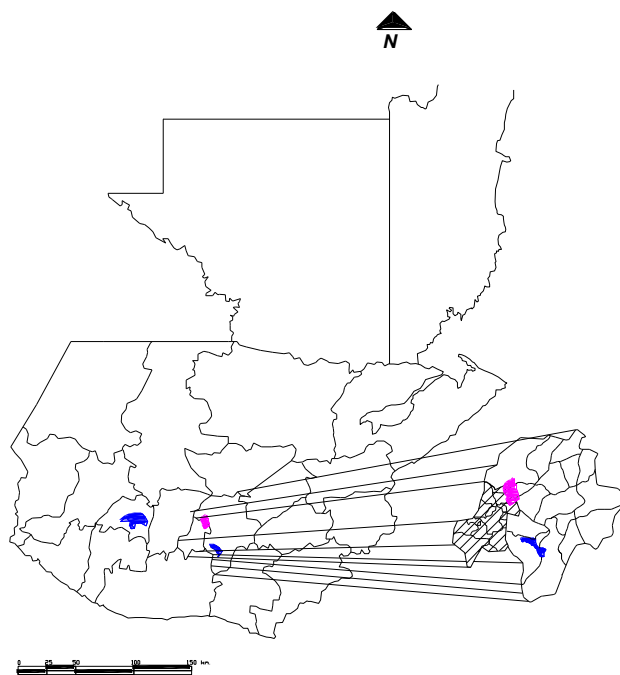


Figura 2: Departamentos de Guatemala y Sacatepéquez

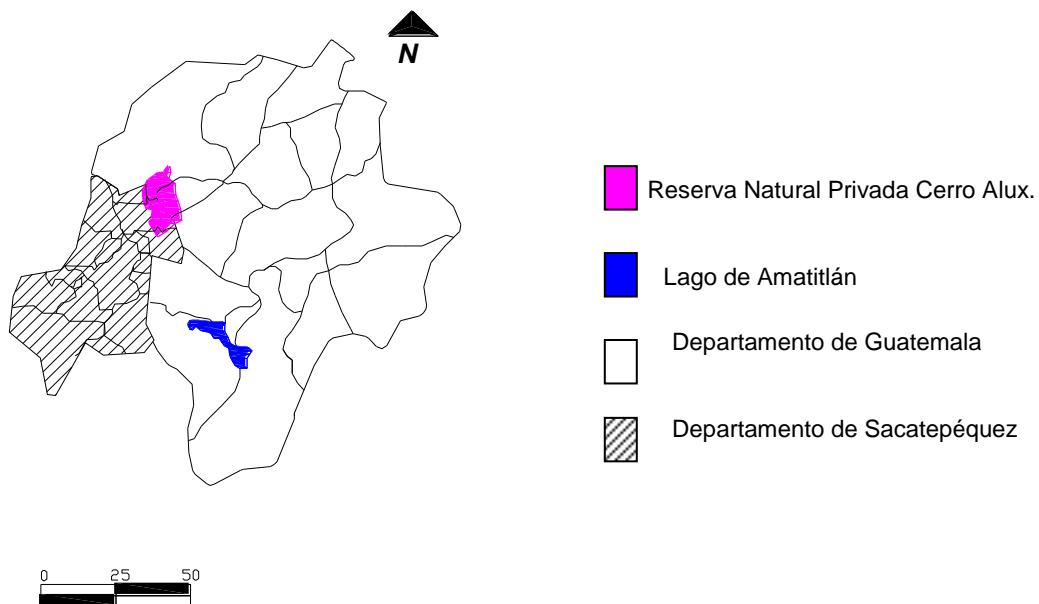
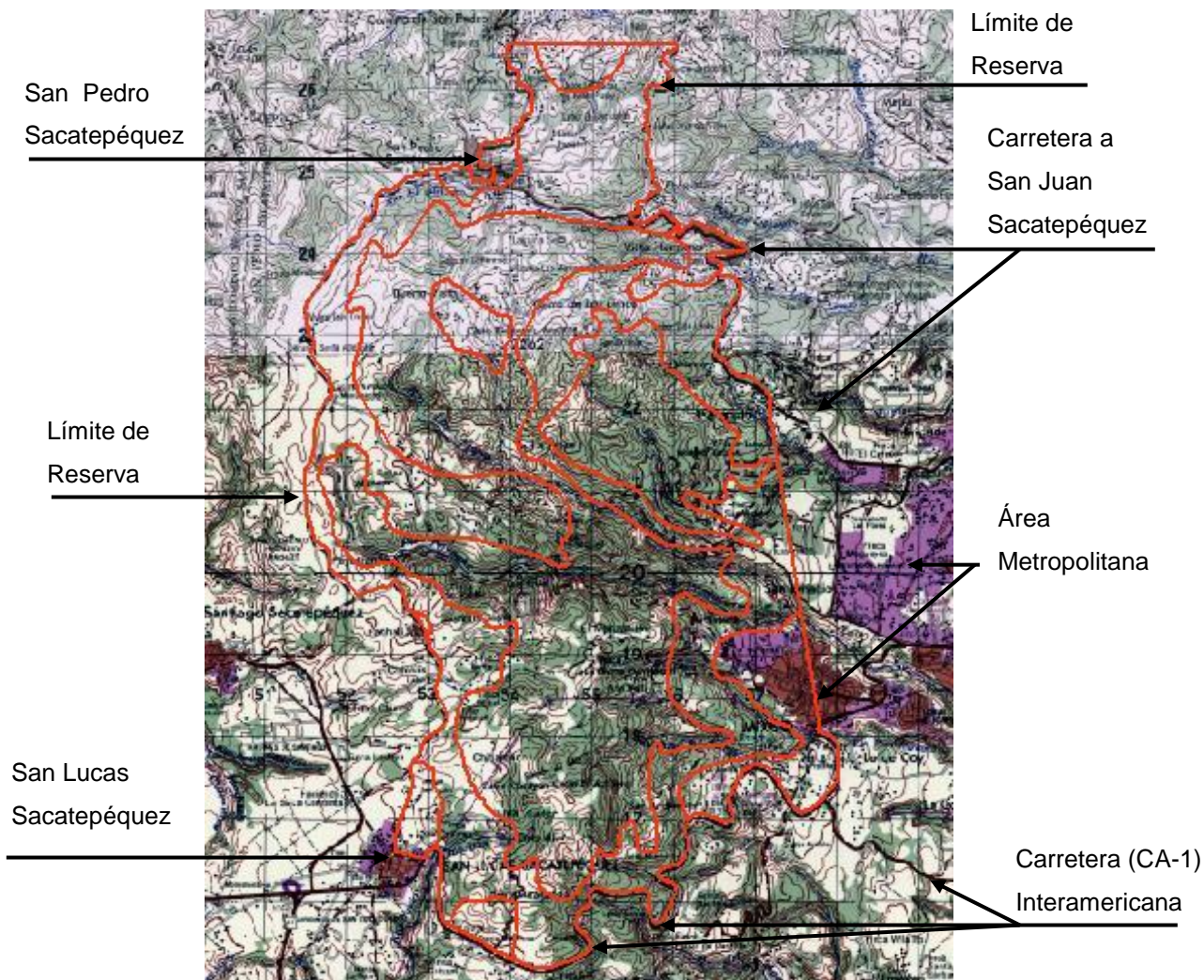


Figura 3: Zona de reserva Cerro Alux



Fuente: IGN/CONAP.

En la figura 3 Se observa el área que ocupa la Reserva Cerro Alux, generalmente se cree que la reserva está compuesta por los cerros que se miran desde la Carretera Interamericana (CA-10), sin embargo la figura nos muestra que se extiende aproximadamente dos km. más allá de San Pedro Sacatepéquez.

E. Aspectos biofísicos

1. Hidrología. Las características hidrográficas del Cerro Alux constituyen una de las principales razones para la conservación del sitio. El límite intercontinental de aguas (el parte aguas que divide la región hidrográfica del Pacífico y la del Atlántico) atraviesa el Cerro Alux de este a oeste; aproximadamente el 50% del agua drena hacia la vertiente del Mar Caribe y el 50% drena hacia la vertiente del Pacífico (mapa 4/9).

En la parte norte del cerro inicia la cuenca del río Villalobos, principal afluente del lago de Amatitlán; del mismo punto parten los afluentes del río Las Vacas que más adelante pasan a formar parte del río Motagua. En el parte aguas o divisor de cuenca que se encuentra en la reserva, inicia una red hídrica de gran importancia con diez vertientes, compuesta por los ríos el Milagro y las Limas que drenan hacia el río Motagua, y los ríos el Naranjito, la Brigada, las Flores, Río Seco, riachuelo Chilayón, Pansalic y Pachonchá, todos afluentes del río Villalobos (ASODESPT 2000).

Gracias a las características orográficas y a la cobertura forestal que aún se conserva en el área protegida, se produce precipitación orográfica. Esto significa que las nubes provenientes del Océano Pacífico se condensan generando lluvia y como consecuencia permite la recarga de gran cantidad de manantiales; durante casi todo el año los riachuelos son de flujo laminar, muy suave, pero en el momento de una tormenta torrencial pueden producir el fenómeno de cavitación (ASODESPT 2000).

Dentro de las características hídricas de la zona se pueden diferenciar afluentes naturales e infraestructura para captación y almacenamiento de agua. Dentro de los cuerpos de agua naturales se distinguen corrientes permanentes, intermitentes y nacimientos de ríos. Como infraestructura hídrica se encuentra la presa de Pancochá, el tanque Alta Vista, la presa San Miguel y los tanques

Pachalí, El Tesoro y la Brigada; este último aprovechado para el suministro de agua para la ciudad de Guatemala (ASODESPT 2000).

Según un estudio de aguas subterráneas del Valle de Guatemala realizado en 1978 (IARNA, 2004), el nivel freático en la Cordillera Alux variaba de seis hasta 100m. En los últimos 30 años el nivel freático ha descendido 55m, a una razón de 1.85 m por año.

2. Geomorfología. La topografía varía entre 1,800 y 2,300 MSN (mapa 2/9), presenta un relieve que incluye desde terrenos ligeramente ondulados hasta terrenos escarpados; sus pendientes varían del 4% al 100%. Sobresalen los cerros Alux, Miramundo, Chilayón y el Astillero, además de una serie de colinas y pequeños valles intercolinares (ASODESPT 2000).

Según una de las teorías que tratan de explicar los orígenes del cerro, la Cordillera Alux surgió como plegamiento de la corteza terrestre, a principios de la Era Terciaria; posteriormente fue recubierta con ceniza volcánica y otros productos piroclásticos¹ originados en el volcanismo de finales del Terciario y principios del Cuaternario; su estructuración recibió las tensiones locales y regionales. La Cordillera Alux es prácticamente el “horst” del “graven” nor-oeste del Valle de Guatemala. La actividad de los volcanes de Agua, Fuego, Acatenango y Pacaya ocurrida en épocas recientes y lejanas ha depositado ceniza volcánica y otros productos piroclásticos en la cima, faldas, desfiladeros y otras geoformas. (ASODESPT 2000)

3. Flora. El bosque es uno de los recursos naturales de mayor importancia ya que interviene directa o indirectamente en todos los ciclos biológicos; mayor o menor cantidad de árboles incide de forma directa en la cantidad de agua que se filtra al manto freático, disminuye o aumenta el nivel de escorrentía, se acelera o disminuye el proceso de degradación de nutrientes y se convierte en fuente o

¹ Material que arrojan los volcanes de forma violenta y precipita por caída libre. (Rodríguez 2004)

sumidero de especies de fauna. A pesar de la cercanía del Cerro Alux con la ciudad de Guatemala, aún se observa en la zona vegetación original de la región. En la zona protegida existe una gran diversidad de especies de flora; en mayor número se encuentran las Traqueofitas (plantas que producen flores), Orquídeas, Gramíneas y Leguminosas.

Existen 9000 especies de traqueófitas con 360 géneros y 105 familias; 80 especies y 30 géneros de orquídeas, y en mayor cantidad las de los géneros *Spiranthes*, *Epidendrum* y *Malaxis*; en el grupo de las Gramíneas se encuentran en mayor cantidad los géneros *Andropogo*, *Muhelebergia* y *Phyllostachys*; de la familia de las leguminosas se encuentra en mayor número *Tuphacea*, *Arecaceae*, *Marantaceae*, *Mirsinaceae*, *Proteaceae*, *Aristolochaiceae*, *Berberidaceae*, *Crassulaceae*, *Trepeolaceae*, *Simarubaceae*, *Monotropaceae*, *Primulacea*, *Sapotaceae* y *Ptantaginaceae* (MAGA, PAFG 1997). Dentro de los bosque de la zona se reconocen principalmente tres tipos de bosque: coníferas, latifoliado y mixto.

Tabla 1 Especies de vegetación en el Cerro Alux

Nombre común	Nombre científico
llamo , aliso	<i>Alnus jorulensis</i>
Ciprés común	<i>Cupressus lusitánica</i>
Manzanote	<i>Olmediella spp</i>
Pino	<i>Pinus Tenuifolia</i>
Encino	<i>Quercus acatenaguensis</i>
Roble	<i>Quercus oleoide</i>

Fuente. Méndez, Claudio. (ASODESPT, 2000)

4. Fauna. Debido a la reducción del bosque en el Cerro Alux, la población animal de la zona ha disminuido considerablemente y en la actualidad únicamente se encuentran: conejos *Sylvigalus sp.*, ardillas *Sciurus variegatoides*, taczuzín *Dolphis marsupialis*, palomas de castilla *Columbia livia*, taltuzas *Orthogeomys hispidus*, gato de monte *Urocyon cinereoargenetus* y zorrillos *Spilogale putorius*. También se conservan algunas especies de reptiles como las

lagartijas *Abronia aurita*, Sauria *anguidae*, serpientes de diversos tamaños como la cheta *Cerrophidium godmani*, gran variedad de especies de mariposa como la mariposa, *Cónsul excellens* y diversas especies de escarabajos de los géneros *Chrysina*, *Golofa* y *Phareus*.

III. MARCO TEÓRICO

A. Sistemas de información geográfica

El Sistema de Información Geográfica (SIG) es un proceso para la búsqueda de patrones geográficos en nuestra información y relación entre diversos aspectos. Los métodos actuales pueden parecer relativamente simples, pero al realizar un mapa ya se está haciendo un análisis; estos análisis pueden complicarse al involucrar modelos que simulan el mundo real al combinar diversas capas de información (Mitchell 1999).

Los SIG son una herramienta que se utiliza para obtener información de forma eficiente, almacenarla y analizarla digitalmente; el uso de estos sistemas es muy amplio ya que son utilizados en estudios de planificación urbana, manejo de recursos naturales, evaluaciones ambientales, análisis de riesgo y recientemente geo-marketing que consiste en el seguimiento y establecimiento de rutas de reparto.

La Percepción Remota o SIG es una técnica que se utiliza para analizar las tendencias y cambios que se registran en la tierra a diversas escalas; Lasselin definió en 1991 a los sistemas de Información Geográfica como el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia sin el contacto material con los mismos.

La FAO por sus siglas en inglés Food and Agriculture Organization (Organización para la Alimentación y la Agricultura), define el SIG como «sistemas computarizados de almacenamiento, elaboración y recuperación de datos con equipo y programas específicamente designados para los datos especiales de referencia geográfica y los correspondientes datos cualitativos o atributos. En general, la información espacial figura en forma de mapas, en los que se describen la topografía, la disponibilidad de agua, los suelos, los bosques

y praderas, el clima, la geología, la población, la propiedad de la tierra, los límites administrativos, la infraestructura. Una de las más importantes funciones del SIG es la capacidad de combinar distintos mapas en una sola operación que se conoce con el nombre de superposición.» Son las características definidas con anterioridad la base para la elaboración de este estudio en donde se obtendrá información de la zona de estudio con la utilización de sensores remotos, en este caso de fotografías aéreas.

«El SIG utiliza sensores para obtener información a distancia de los objetos en estudio, estos sensores pueden dividirse en en *sensores pasivos* y *sensores activos*; los primeros se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior recogiendo la energía electromagnética del sol reflejada por la superficie terrestre a diferencia de los sensores activos que emiten luz propia que perciben por reflexión sobre la superficie terrestre» (Lillesand y Kiefer), este estudio se enfocará en el uso de sensores pasivos que se dividen en:

- *Fotografía aérea*: basada en la técnica de la fotografía convencional que ha sido adaptada para captar imágenes de la superficie terrestre a grandes alturas.
- *Imágenes de satélite*: las imágenes son captadas por satélites desde el espacio exterior; proporcionan áreas de gran tamaño con resolución menor a la proporcionada por la fotografía aérea.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de los sensores pasivos

Sistema	Ventajas	Desventajas
Fotografía aérea	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo • Mejor resolución • Blanco y negro • Capacitación sencilla • Puede hacerse análisis 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede haber variación en la interpretación • Muchas fotografías para áreas grandes • Software especializado • Mayor tiempo de análisis

Continuación Tabla 2.

Sistema	Ventajas	Desventajas
	sin computadora <ul style="list-style-type: none"> • Menor cobertura en área y mejor resolución 	
Imágenes de satélite	<ul style="list-style-type: none"> • Menor resolución y mayor cobertura • Imágenes a color con posibilidad de variaciones • Tiempo menor de análisis • No hay variación en análisis. • Mayor cobertura en área menor resolución. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo alto por imagen • Análisis por computadora • Personas mejor capacitadas • Software especializado • Difícil acceso a imágenes • Mayor tiempo de aprendizaje de sistemas de análisis

(Fuente: Elaboración propia).

Tomando como base los resultados de la Tabla 1 se utilizarán fotografías aéreas como medio de análisis para el cambio de cobertura forestal en el Cerro Alux ya que el costo de las fotografías aéreas es menor, se puede cubrir el área de estudio con mejor resolución y el software es más amigable que el software utilizado para realizar análisis con imágenes de satélite.

B. Cartografía

El diccionario define la palabra cartografía como el arte de trazar mapas. Los mapas son representaciones gráficas trazadas sobre un plano en dos dimensiones, en donde pueden leerse extensiones de la superficie terrestre; los mapas son obtenidos por procedimientos especiales en donde deben considerarse diversos factores como la curvatura de la tierra, la escala en la que se representa el dibujo, el norte, el tipo de proyección que se está utilizando y diversas representaciones gráficas.

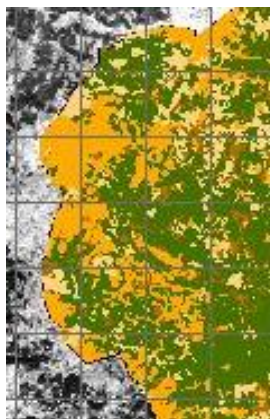
En un principio los mapas eran trazados sin considerar la curvatura de la tierra; eran únicamente representaciones gráficas de fácil interpretación y se dibujaban en base a la información proporcionada por exploradores que recorrían la tierra a pie o a caballo. La siguiente generación de mapas se crearon utilizando fotografías aéreas, las primeras fueron tomadas utilizando cometas que luego fueron sustituidas por aviones. Estos mapas se clasificaron de la siguiente forma (ver Figura 4):

- Por su extensión, se incluyen mapamundi, continental, nacional, autonómico, provincial, comarcal y local.
- Por su finalidad, pueden ser topográficos, temáticos y planimétricos.

Figura 4: Mapa topográfico, temático y planimétrico



IGN, Ciudad de Guatemala
2069 I.



Elaboración Propia.



Mitchell 1999.

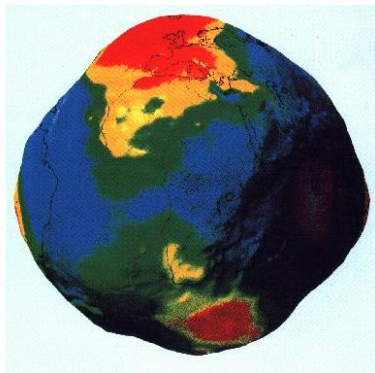
Para realizar el análisis en el cambio de cobertura forestal del año 2001 respecto a 1991 se elaboraron nueve mapas temáticos cinco fueron trazados sobre fotografías aéreas de cada uno de éstos años.

C. Coordenadas

«Los descubrimientos geográficos de finales de la Edad Media y los estudios astronómicos de Copérnico y Galileo no consideraban la esfericidad terrestre.» (REMER, 2002). Fue posteriormente cuando se definió la esfericidad de la tierra. (ver figura 5).

Figura 5: Ondulaciones del Geoide

Ondulaciones del geoide, determinadas mediante las perturbaciones orbitales de los satélites geodésicos



Fuente: GRGS 1994

En la búsqueda de una representación gráfica real surgen ciencias como la topografía; palabra que proviene del griego «topos=lugar y grafos=dibujo cuyo principal objetivo es la representación gráfica de un lugar determinado con todos sus accidentes geográficos de forma planimétrica y altimétrica. La planimetría es la proyección de cada punto interesante del terreno sobre un plano horizontal y la altimetría es la determinación de las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal. » (REMER 2002)

«Las coordenadas fueron establecidas para ubicar cualquier punto de la tierra respecto a una referencia obteniendo así una ubicación real que pueda ser graficada para esto se trazaron en torno de la tierra una serie de anillos paralelos al ecuador y una segunda serie de anillos perpendiculares al ecuador

convergentes en ambos polos lo que da como resultado una red de líneas de referencia» (REMER 2002). Existen dos tipos de coordenadas:

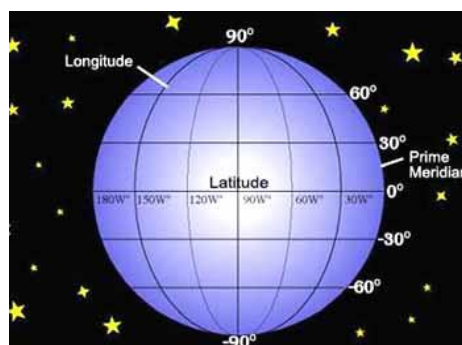
- Coordenadas geográficas
- Coordenadas polares

Para el desarrollo de los mapas se utilizaron coordenadas geográficas, la proyección final de los mapas se proyectan en el sistema de coordenadas UTM, WGS 84.

D. Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas se expresan en ángulos por lo que son de difícil interpretación; para obtener las medidas, la tierra fue dividida en círculos que rodean la superficie terrestre; los anillos que corren paralelos al ecuador reciben el nombre de “paralelos de latitud” o, simplemente, paralelos; los anillos que corren perpendiculares al ecuador, reciben el nombre meridianos de longitud o meridianos, «cada círculo está dividido en 360 grados, cada grado en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. A partir de 0° en el ecuador, los paralelos de latitud van numerándose hasta 90° , tanto hacia el Norte como hacia el Sur. Los extremos son el Polo Norte, a 90° de “latitud Norte”, y el Polo Sur, a 90° de “latitud Sur”» (ver figura 6).

Figura 6: Coordenadas polares



Fuente: Riesterer, Jim 1999.

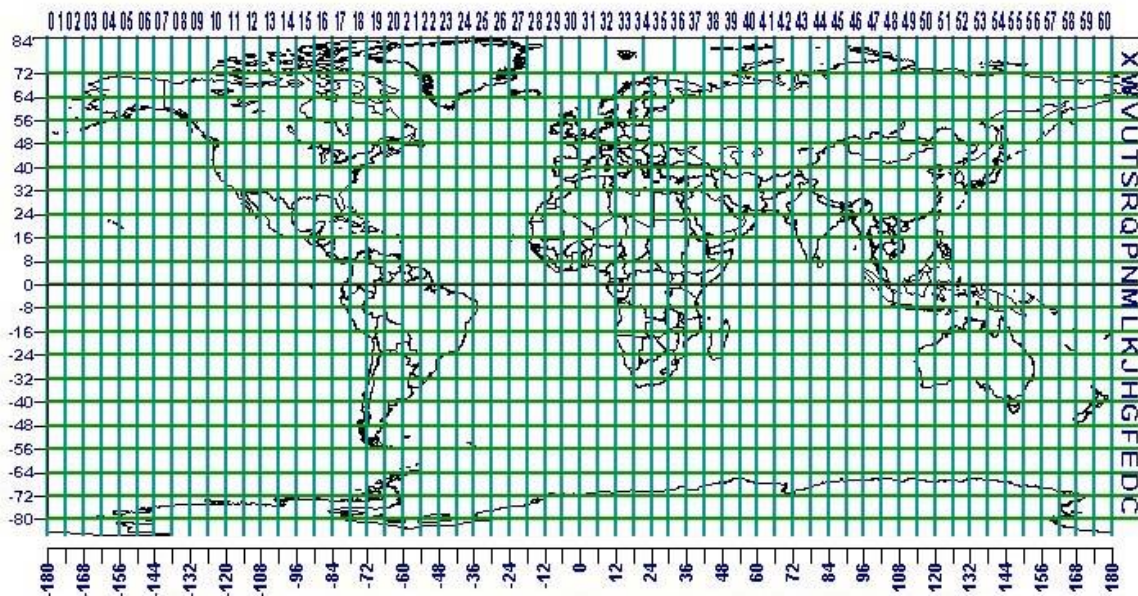
E. Coordenadas UTM

La forma más normal de trabajar con coordenadas sobre mapas es mediante el sistema UTM por sus siglas en inglés Universal Transverse Mercator (Franco 1999).

La figura 7 muestra la representación de las 60 zonas UTM de la Tierra, cada zona UTM está dividida en 20 bandas (desde la C hasta la X), las bandas C a M están en el hemisferio sur, las bandas N a X están en el hemisferio norte. Las primeras 19 bandas (C a W) están separadas o tienen una altura de 8° cada una mientras que la banda 20 o X tiene una altura de 12° (Franco 1999).

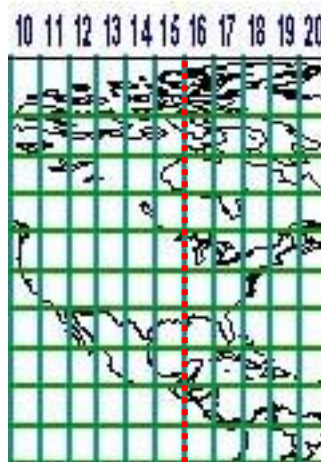
Según este esquema, un área de Guatemala queda en la zona 16 y otra parte queda en la zona 15 como puede observarse en la figura 8.

Figura 7: Sistema de coordenadas UTM



Fuente: Peter H. Dana 1999.

Figura 8: zonas de Guatemala



Fuente: Peter H. Dana 1999.

Debido a la división de las zonas el Instituto Geográfico Nacional (IGN) crea un nuevo sistema de coordenadas que abarca por completo a Guatemala en una zona al cual denominó GTM las características de este sistema son las siguientes:

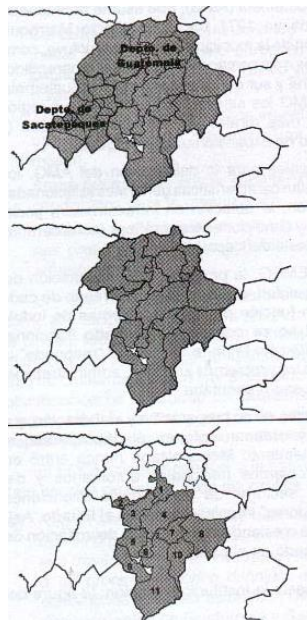
- Proyección: Transversa de Mercator en una zona única local.
- Esferoide: WGS84
- Longitud de origen: $90^{\circ} 30'$ (Meridiano central de la proyección)
- Latitud de origen: 0° (el Ecuador)
- Unidades: metros
- Falso norte: 0 metros
- Falso este: 500,000 metros en el meridiano central: 0.9998
- Numeración de las zonas: No está dentro de la numeración normal de las zonas UTEME. Se le puede llamar zona 15.5
- Límites de latitud del sistema: no es aplicable en el territorio nacional.
- Límites de las zonas: no es aplicable en el territorio nacional.

Aunque se consideró la utilización del sistema GTM para la proyección final de los mapas se tomó la decisión de utilizar Sistema de coordenadas UTM, WGS 84 para la elaboración de los mapas.

F. Aspectos urbanos

La ciudad de Guatemala presenta un crecimiento desordenado no planificado de gran presión sobre los recursos naturales remanentes. «En 1956 se define el Área de Influencia Urbana en la Ley Preliminar de Urbanismo, como se observa en la figura 9, tres diferentes regiones: arriba Región Metropolitana, centro Región Central, Abajo Área Metropolitana. Estos límites pronto pasaron a ser inoperantes» (AVANCSO 2003) además de presentar ambigüedades en cuanto a la jurisdicción e implementación de políticas de las diversas Municipalidades.

Figura 9 Definiciones urbanas

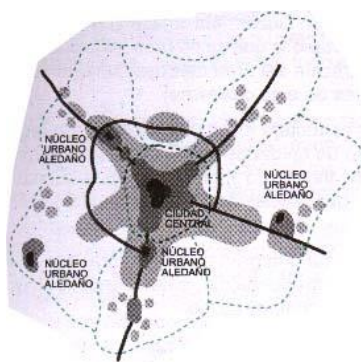


Fuente: Avancso 2003.

En 1971 la Municipalidad de Guatemala propone la delimitación del Área Metropolitana de Guatemala (AMG); «el mayor esfuerzo para establecer una delimitación del AMG así como el principal proyecto para encauzar un crecimiento ordenado de la ciudad, fue el realizado por el EDOM 1972-2000, durante la administración del alcalde Manuel Colom Argueta». (AVANCSO 2003) Según el EDOM, la Región Metropolitana incluye a los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez. Para los fines de este estudio se definió el Área Metropolitana como la zona urbana de fácil acceso desde el Municipio de Mixco.

El crecimiento de la ciudad de Guatemala registra un crecimiento lineal a lo largo de los principales ejes de comunicación (ver Fig. 10); por ejemplo, la densidad a lo largo de la Calzada Raúl Aguilar Batres no se ha incrementado considerablemente debido a que la expansión ha sido linear concentrándose en las zonas cercanas a esta avenida atravesando los municipios de Villa Nueva, Amatitlán y Bárcenas; este fenómeno también se observa en la calzada Roosevelt, sin embargo en ésta área las características del terreno han creado una barrera natural para el crecimiento urbano ya que la topografía de la zona incrementa los costos de construcción y adquisición de servicios. Tal vez por esto la mayoría de asentamientos en condiciones precarias crecieron en las zonas norte y sur del Área Metropolitana.

Figura 10: Esquema de crecimiento



Fuente: Avancso 2003.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo Guatemala un país centralizado es necesario garantizar la durabilidad de los recursos renovables y no renovables de la zona central del país con la finalidad que la escasez, la inseguridad alimenticia y la falta de agua no sean problemas que puedan interferir con el desarrollo económico, comercial y social del país.

La carencia de zonas de protección en el departamento de Guatemala ha generado altos niveles de deforestación. De lo antes expuesto surgen las siguientes preguntas que dan forma a la investigación:

- ¿Existe una relación entre el crecimiento poblacional y la reducción de la cobertura forestal?
- ¿Qué presión ejerce el área metropolitana de Guatemala sobre el Área Protegida Cerro Alux?
- ¿Ha habido una reducción significativa del bosque en el 2001 en comparación con el año 1991?

V. HIPÓTESIS

La cobertura forestal de la Reserva Natural Privada Cerro Alux ha disminuido significativamente en el año 2001 con respecto a 1991 debido en parte al incremento de la población.

VI. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Analizar el cambio en cobertura forestal en el año 2001 con respecto a 1991 en la Reserva Natural Privada Cerro Alux.

B. Objetivos específicos

- Determinar si existe relación entre el incremento de la población y la disminución de la cobertura forestal en la Reserva Natural Privada Cerro Alux.
- Utilizar fotografías aéreas como método de análisis para determinar el estado de la cobertura boscosa en el Cerro Alux.
- Elaborar mapas de cobertura forestal de la Reserva Cerro Alux para el año 1991 y 2001.

VII. METODOLOGÍA

La delimitación de la investigación se realizó basándose en una revisión bibliográfica del tema de estudio, de la cual se obtuvo la información necesaria para determinar los municipios que abarcan la Reserva Cerro Alux; así como datos e información de tipo social, geográfica y física que sirvió como punto de partida para la investigación.

El objetivo principal de este trabajo es determinar el cambio en la Cobertura Forestal de la Reserva Natural Privada Cerro Alux, analizando fotografías aéreas del año 2001 para compararlas con la situación del bosque en 1991. Para esto se generaron dos mapas principales elaborados en el programa Arc-Gis. El primer mapa es el de Uso del Suelo en la Reserva en el año de 1991 y el segundo es el de Uso del Suelo en la Reserva en el año 2001. Ver anexos.

Para la elaboración del mapa de uso del suelo en el 2001 (ver mapa 6/9) se utilizaron ocho fotografías ortorectificadas por el IGN, las que fueron referenciadas para el desarrollo del proyecto de elaboración de mapas de Riesgo realizados por la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa JICA; la referencia geográfica de las fotografías se encuentra en coordenadas GTM.

Para la elaboración del mapa de Uso de Suelo del año 1991 (mapa 5/9) se georeferenció una fotografía aérea que cubría toda la zona; este proceso se realizó con el programa Arc-Gis para lo cual se escaneó la fotografía en blanco y negro a una resolución de 600 dpi; se ingresaron 17 puntos de control los que generaron un error RMS de 17; aun cuando el error fue bajo y los puntos de control estaban colocados de forma correcta la georreferenciación generó un corrimiento debido a diversos factores:

- La escala de la fotografía varía un año respecto a otro.
- La altura de vuelo de un año respecto a otro es diferente

- El tamaño del píxel difiere en ambas fotografías
- La cámara y la calibración son diferentes para ambos años.
- La fotografía del 2001 fue ortorectificada por el IGN, la fotografía de 1991 fue georeferenciada.

Las variables anteriores pueden corregirse con el proceso de ortorectificación que «elimina el desplazamiento generado por giro, alabeo y cabeceo de las tomas aéreas además de modelar la fotografía considerando la altitud respecto al mar de distintos puntos de control dentro de una fotografía con lo que la imagen se adapta con mayor precisión a una imagen planimétrica» (López 2004) que proyecta de forma horizontal la curvatura de la tierra y la topografía estirando completamente la imagen.

Considerando esto se realizó un análisis independiente de cada año conociendo con exactitud los porcentajes de cambio de cobertura forestal y se analizaron las zonas de recarga las cuales deben ser prioritarias para la realización de proyectos de conservación dentro de la zona de estudio.

Para el trazo de polígonos se consideraron:

- **Área Metropolitana:** zona urbana de la ciudad de Guatemala con fácil acceso desde el Municipio de Mixco.
- **San Lucas Sacatepéquez:** área urbana de San Lucas Sacatepéquez.
- **San Pedro Sacatepéquez:** área urbana de San Pedro Sacatepéquez.
- **Cobertura nula:** se graficaron cambios relevantes en el uso de la tierra como zonas urbanas y carreteras.
- **Cobertura baja:** se consideraron como cobertura baja todas las zonas de cultivo.

- **Cobertura media:** se consideraron zonas de cobertura media todas las áreas en donde se encontraron árboles de mayor tamaño separados más de 5m.

Para la elaboración de los mapas de clasificación boscosa, los polígonos de zonas urbanas, de cobertura nula y cobertura baja pasaron a formar parte de la clasificación no-bosque, mientras que los polígonos de cobertura media y cobertura boscosa pasaron a formar parte de la clasificación bosque.

Para la elaboración de los distintos mapas temáticos se utilizaron los *shapes* elaborados por el MAGA/BID para el Programa de Emergencia por Desastres Naturales; la información fue cargada en el programa con el sistema de coordenadas UTM WGS 84 sobre el shape del polígono del Cerro Alux el cual fue proporcionado por el Departamento de Sistema de Información Geográfica del CONAP en coordenadas UTM, WGS 84.

VIII. RESULTADOS

Con base a las fotografías aéreas se generaron nueve mapas cuatro con información general de la zona de estudio y cinco con información de cambio en la cobertura forestal:

- Mapa de uso del suelo año 1991 (mapa 5/9)
- Mapa de uso del suelo año 2001 (mapa 6/9)
- Mapa de clasificación de cobertura año 1991 (mapa 7/9)
- Mapa de clasificación de cobertura año 2001 (mapa 8/9)
- Mapa de comparación de cobertura 1991/2001 (mapa 9/9)

Contrario a lo planteado en la hipótesis de la investigación se puede afirmar como resultado que «la cobertura forestal de la Reserva Natural Privada Cerro Alux no ha disminuido significativamente en el año 2001 respecto a 1991»; por el contrario la superficie de bosque calculada registró un incremento en la cobertura forestal del año 2001 respecto a 1991 tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 3: Resultados del uso del suelo

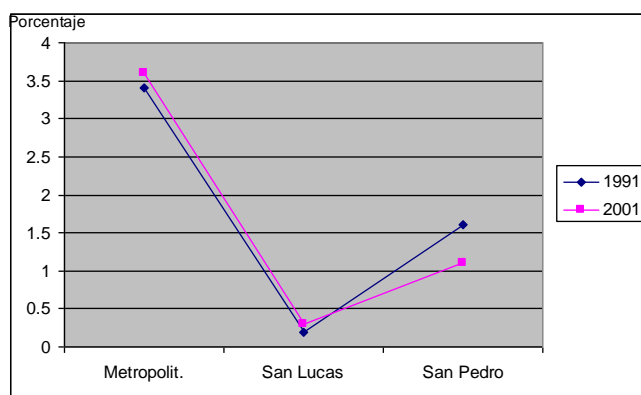
Zona	Porcentaje cobertura 1991	Porcentaje cobertura 2001
Área Metropolitana	3.4	3.6
San Lucas Sacatepéquez	0.2	0.3
San Pedro Sacatepéquez	1.6	1.1
Cobertura boscosa	52.3	58.3
Cobertura media	5.5	7.7
Cobertura baja	25.2	21.4
Cobertura nula	11.7	7.6

(Fuente: Elaboración propia).

El área metropolitana de la ciudad de Guatemala registra un incremento poco significativo de 10 Ha. en la superficie urbana dentro de la Reserva del Cerro Alux entre los años 1991 y 2001; para 1991 el área era de 155 Ha. para el año 2001 el área fue de 165 Ha. ²⁹ embargo en el mapa del año 2001 se observa que la zona de Mixco rebasa los límites de Desarrollo Urbano establecidos en el Plan Maestro del Cerro Alux, en 1991 es menor el área que rebasa ésta frontera. El poblado de San Lucas Sacatepéquez registra un aumento de 4 Ha. Para 1991 la zona urbana de San Lucas abarcaba 10 Ha. dentro de la reserva mientras que para el año 2001 se registran 14 Ha. El casco urbano de San Pedro Sacatepéquez parece haber disminuido de 73 Ha. en 1991 a 50 Ha. en 2001 (ver gráfica 1).

La cobertura boscosa en la Reserva Alux muestra un incremento de 276 Ha. en el período 1991-2001. En el año de 1991 la cobertura boscosa era de 2388 Ha incrementándose a 2664 Ha. en el año 2001. Para 1991 la cobertura media era de 253 Ha. incrementándose a 352 Ha. en el 2001 lo que parece indicar que existe regeneración de bosque en estas zonas. La cobertura baja en 1991 cubría un área de 1153 Ha. y en el 2001 la superficie era de 976 Ha. reduciéndose 177 Ha. La cobertura nula registran una disminución de 189 Ha. ya que pasa de cubrir una superficie de 536 Ha. en 1991 a 347 Ha. en el 2001.

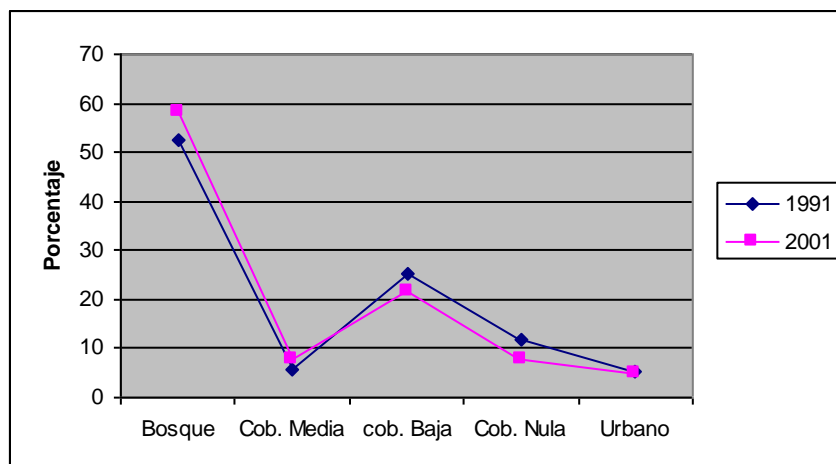
Gráfica 1 Porcentajes de reserva cubiertos por diferentes áreas urbanas, 1991-2001 Reserva Alux



(Fuente: Elaboración propia)

Gráfica 2 Porcentaje de cobertura forestal, 1991-2001

(Fuente: Elaboración propia)



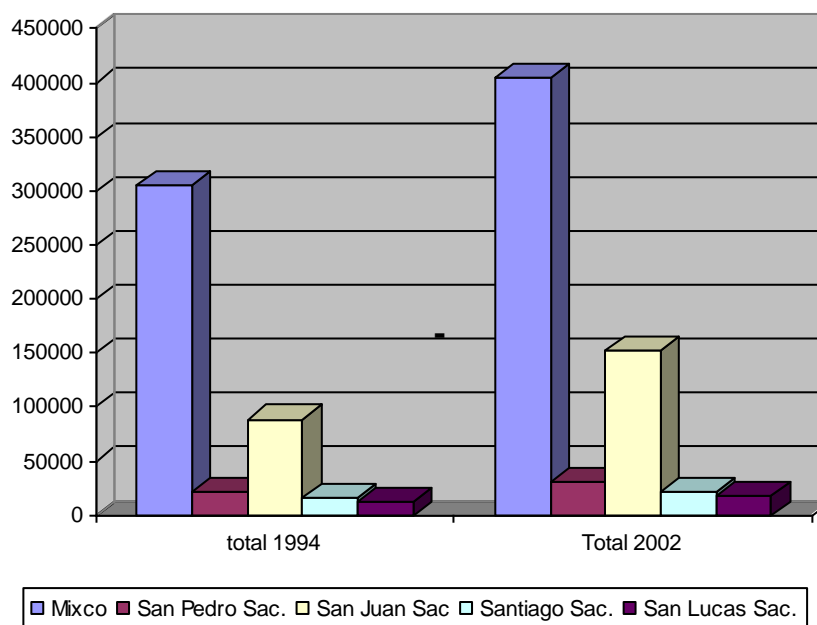
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Población

Guatemala es uno de los países de América Latina con mayores índices de incremento poblacional; la tasa de crecimiento promedio anual es del 3.1%, sin mostrar descenso significativo en los últimos años (*Silvel Elías et al. 1997*) como se observa en la gráfica 2.

La zona de Reserva Cerro Alux está sujeta a la presión demográfica debido a que es un cerro rodeado por valles en donde se ubican cinco poblados; los de mayor influencia son Mixco al sureste, San Pedro Sacatepéquez al norte, San Lucas Sacatepéquez al suroeste y de menor influencia San Juan Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez que se encuentra fuera de la zona de reserva.

**Gráfica 3 Municipios poblados aledaños
según censo de población 1994 y 2002**



Fuente: INE 2003.

Es un hecho que el crecimiento poblacional ejerce presión sobre el recurso bosque principalmente en nuestro país en donde se sabe que la Población Económicamente Activa (PEA) se incrementó de 30% en 1980 a 36% en 1995, del 100% de la PEA, aproximadamente el 58.1% se concentra en actividades agropecuarias (Elías Sílvell et al. 1997). En este sector el desempleo muestra tasas del 50%, lo que se refleja en las malas condiciones de vida de los habitantes de las zonas vecinas al cerro Alux, donde la mayoría de la población vive en el área rural inmersos en una economía agrícola y cuyo el principal producto lo constituyen las frutas y legumbres.

En 1994 el 35% de la población asentada en los alrededores del Cerro Alux era analfabeta, factor que incide en la baja calidad de vida e impide tanto el desarrollo de tecnología como la implementación de mejores sistemas productivos y de programas de control de natalidad, lo cual se repercute en la continuidad de bajos índices de desarrollo y altos niveles de pobreza. Según datos del PNUD, en 1989 el 54% de la población guatemalteca (897 mil hogares) vive en nivel de pobreza, en el 2002 el 31.1% de la población vive en extrema pobreza, lo que representa gran presión sobre los recursos naturales.

Considerando lo anterior se destacan cuatro tipos principales de presiones generadas por los municipios de influencia en el cerro Alux: a) la utilización de leña como combustible, (ver tabla 3) b) la disposición de desechos sólidos, c) el acceso a red de drenaje y d) la fuente de obtención de agua.

Tabla 4: Porcentaje de familias que utilizan leña como combustible.

<i>Municipio</i>	<i>Porcentaje</i>
San Juan Sacatepéquez	50%
Santiago Sacatepéquez	46%
San Pedro Sacatepéquez	43%
San Lucas Sacatepéquez	20%
Mixco	04%

Fuente: INE 2002.

Según las estadísticas analizadas los mayores consumidores de leña se encuentran en la parte norte de la reserva. En el mapa 5/9 de 1991 se observa mayor cobertura nula en la coordenada 754000 y 1624000; éstos polígonos cambiaron a cobertura media en el año 2001; siendo San Pedro Sacatepéquez uno de los mayores consumidores de leña de la región, puede deducirse que las zonas cercanas a las carreteras eran una fuente de extracción de leña para abastecer a los pobladores, situación que cambió con la declaración del área protegida ya que se iniciaron controles para la extracción de leña; hoy en día para utilizar el bosque como fuente de combustible los interesados deben llenar un formulario en el que la Unidad Técnica Cordillera Alux de CONAP autoriza la utilización del recurso; esto justifica la disminución cobertura nula para el año 2001 reflejándose en un incremento en la cobertura media. (Ver mapa 5/9 y 6/9)

B. Aspectos urbanos

Según un diagnóstico de lotificaciones realizada por la Unidad Técnica del Cerro Alux, existen dos principales formas de desarrollo urbano: a) *Granjas campestres* utilizadas como residencia de descanso y b) *Urbanizaciones de baja densidad*, con terrenos de aproximadamente 2500 varas² cada uno. Sin embargo en este documento el CONAP reconocen tres principales problemas urbanos: a) crecimiento acelerado de asentamientos humanos, b) surgimiento de nuevos asentamientos c) incremento en el número de granjas de descanso.

Con base a lo anterior resultaría lógico pensar que la superficie cubierta por el área de influencia de la ciudad de Guatemala debió haberse incrementado considerablemente en los diez años a que se refiere este estudio sin embargo, a través de la fotointerpretación se observó que en 1991 existían zonas en proceso de urbanización, mismas que para el año 2001 estaban habitadas y la cobertura parece haberse regenerado; esta explicación encuentra respuesta si se toman ejemplos como el caso de “Residenciales el Encinal”; en esta colonia poblada por familias de clase media y alta , existe una cooperativa que emitió un

reglamento de fuerte control ambiental cuyo principal objetivo es el de conservar el bosque dentro de la zona, invitando a los pobladores a llevar un estilo de vida diferente.

C. Desarrollo agrícola

Guatemala ha sido un país tradicionalmente exportador de materia prima; es una sociedad agrícola en la que más de 1 millón de familias dependen de esta actividad y más del 50% de las exportaciones cuenta con un alto componente de productos agrícolas (Ortiz 2002). En el área de los municipios de Santiago Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, y Mixco la producción agrícola está dedicada en su mayoría a la producción de granos básicos, frutas y hortalizas; según el análisis de las fotografías se puede observar que existe predominio de fincas pequeñas; en estas fincas la cantidad de tierra destinada al cultivo alcanza el 81% de su capacidad mientras que en fincas de mayor tamaño el uso llega al 16.4% de la capacidad de la tierra (Ortiz 2002).

D. Deforestación

Para realizar el análisis del cambio de cobertura del año 1991 y 2001 se elaboró el mapa 9/9 en el que se trazó un polígono que facilita la visualización de un año respecto al otro. A simple vista se observa que la cobertura parece mantener las mismas condiciones de la zona; sin embargo al observar el mapa 7/9 se observa que en la zona de coordenadas 752700 y 1616300 la cobertura media se regeneró quedando en el 2001 clasificado como zonas de bosque; un fenómeno similar se observa en la zona norte de la reserva, cerca del municipio de San Pedro Sacatepéquez, donde el bosque también parece haberse regenerado. El proceso de construcción se divide en cinco fases principales, planificación, trazo, construcción, acabados y habilitación, la fase más perjudicial y que puede ser registrada con mayor facilidad desde el aire es la fase de

construcción ya que es durante esta etapa que se realiza la limpieza del terreno y en muchas ocasiones es necesario incluso abrir caminos para permitir que ingresen al área materiales de construcción, esto se extiende hasta la etapa de acabados en donde empieza a darse tratamiento a jardines y áreas verdes. En esta zona esto es de gran importancia ya que por ser el Cerro Alux una reserva privada, los inquilinos y propietarios deben respetar la regulación interna, permitir la regeneración del bosque y respetar las áreas verdes por lo que luego de la construcción muchas de las áreas urbanizadas pueden haber sido cubiertas por la vegetación.

Los principales efectos de la deforestación son la disminución en el número y la diversidad de especies de flora y fauna aunque algunos estudios han demostrado que existen especies que pueden adaptarse a la fragmentación del bosque (Meffe y Carrol 1994),

E. Fragmentación del bosque

La fragmentación del bosque es un fenómeno que se observa en el mapa de uso de suelo trazado para el año 1991 y se acentúa en el año 2001. La fragmentación tiene dos componentes principales (1) la reducción del total del hábitat, (2) la división en partes más pequeñas del remanente de bosque generando zonas aisladas (Saunders *et. Al* 1991). Para el Dr. Jack Shuster, entomólogo e investigador de la Universidad del Valle de Guatemala, éste es el principal problema del área ya que esta zona presenta características únicas, por lo que para que su conservación sea significativa tendría que generarse un programa de regeneración de toda la reserva.

Otro fenómeno que se registra en la reserva Alux es el incremento de barreras que limitan el desplazamiento de las especies; éstas barreras están constituidas principalmente por carreteras y caminos; esto puede observarse claramente entre San Pedro y San Juan Sacatepéquez y entre los poblados de

San Lucas Sacatepéquez y Mixco. La infraestructura en zonas naturales entorpece el desplazamiento de las especies lo que genera una disminución en su capacidad de reproducción y modificaciones de la calidad genética, y es la acumulación de los efectos de las barreras la que finalmente genera la extinción de algunas especies (Meffe y Carrol 1994),

F. Recurso hídrico

La principal característica de la zona de Reserva Alux es su importancia como zona de recarga hídrica, principalmente para el área metropolitana, característica que promovió la declaración como zona de reserva.

Uno de los aspectos más importantes del Cerro Alux es que se encuentra en el parte aguas de dos vertientes importantes, la del Pacífico y la del Mar Caribe (ver mapa 4/9). El incremento en la tasa de deforestación de la reserva produce un aumento en los sedimentos en los cauces de agua superficial que a su vez incide en una disminución del volumen de descarga de los ríos (Martínez, 2002). La falta de árboles incrementa el valor de escorrentía, impidiendo la filtración de agua hacia el manto freático.

Dentro de las zonas de mayor importancia para la recarga hídrica subterránea se encuentra al sureste de San Pedro Sacatepéquez, zona que según indicó el Ing. Víctor López es la que abastece de agua a la población mencionada. Según el mapa de uso de suelo no registra alteraciones significativas en el avance de la deforestación en el 2001 respecto al 1991, pero tampoco se observa un incremento en la cantidad de bosque, lo que debería impulsarse como una medida para garantizar el abastecimiento de agua en años futuros.

Al observar el mapa de Cuencas Hidrográficas (ver mapa 4/9) se puede deducir la importancia de ésta zona en cuanto al riesgo por inundación que

pueden sufrir los valles que rodean al área de reserva. En el año de 1998 durante la Tormenta Tropical Mitch se registraron en la zona daños por la escorrentía proveniente del Cerro Alux, generado por el alto grado de deforestación, lo que causó derrumbes y daños en el asfalto de la Carretera que comunica la ciudad de Guatemala con el Municipio de Mixco.

G. Aspectos legales

«En el año 1997 mediante el Decreto Legislativo 41-97, se declara área protegida a la Cordillera Alux bajo la categoría de *Manejo Reserva Forestal Protectora de Manantiales* quedando bajo la administración del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)» (ASODESPT CONAP 2000) Siendo el Cerro Alux una zona de reserva legalmente declarada su manejo y conservación debe ser cuidadosamente ejecutada, en base a la legislación nacional, la que a pesar de carecer de fortaleza ambiental, presenta en la constitución vigente aprobada en 1985 consideraciones que permitirían dar un correcto seguimiento a la conservación de los recursos naturales renovables y no renovables, fomentando la correcta administración del patrimonio natural. La base de la legislación ambiental se sustenta en el artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala, el cual se cita a continuación: «**Medio ambiente y equilibrio ecológico.** El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación » (CALAS 2003).

Debido a las características de la reserva, es de vital importancia la conservación de sus bosques, con el fin de proteger y alargar la capacidad de recarga hídrica, por lo que el manejo y la administración de la zona es respaldada

de forma legal por la Ley Forestal aprobada y emitida según el Decreto 101-96 en diciembre de 1996; ésta ley en su Artículo 1 cita lo siguiente:

Objeto de la ley. Con la presente ley se declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- a) Reducir la deforestación de tierras de vocación forestal y el avance de la frontera agrícola, a través del incremento del uso de la tierra de acuerdo con su vocación y sin omitir las propias características de suelo, topografía y el clima;
- b) Promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, para proveer al país de los productos forestales que requiera;
- c) Incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a manejo racional y sostenido de acuerdo a su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales;
- d) Apoyar, promover e incentivar la inversión pública y privada en actividades forestales para que se incremente la producción, comercialización, diversificación, industrialización y conservación de los recursos forestales;
- e) Conservar los ecosistemas forestales del país, a través del desarrollo de programas y estrategias que promuevan el cumplimiento de la legislación respectiva; y
- f) Propiciar el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades al aumentar la provisión de bienes y servicios provenientes del bosque para satisfacer las necesidades de leña, vivienda, infraestructura rural y alimentos.

Otros artículos de esta ley que sirven como respaldo para la conservación de los bosques son: Artículo 3. —Aprovechamiento sostenible, Artículo 47. Cuencas hidrográficas, Artículo 66. Obligaciones en la explotación de recursos

naturales no renovables, Artículo 92. Delito en contra de los recursos forestales (CALAS 2003).

Analizando el mapa de uso de suelo del año 1991 en comparación con el de 2001 puede afirmarse que las leyes ambientales no se han utilizado como instrumento de apoyo a la conservación por lo que debe reforzarse su aplicación entre los administradores de instituciones privadas y gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG'S) y comités que laboran en el área.

E. Políticas ambientales

Los temas ambientales han empezado a incluirse dentro de los objetivos de las políticas de gobierno, este es el caso de la *Sección Ambiental de la Matriz de Política Social 2000-2004* del gobierno de la República, dentro de la Matriz se incluyen diez objetivos, diez líneas de acción y veinticinco metas, dentro de los principales objetivos están: a) *Garantizar la conservación y aprovechamiento sostenible de la riqueza natural y cultural, a través de una estructura descentralizada, desconcentrada y participativa de la gestión ambiental* b) *Lograr una protección jurídica eficiente y eficaz de los recursos naturales.* Como líneas de acción establece *Cumplir con los compromisos adquiridos en materia de ambiente y recursos naturales contenidos en los Acuerdos de Paz* con lo que se puede concluir que la base para el inicio de la consideración ambiental es tanto Constitución de la República de Guatemala de 1985, otras leyes ambientales anteriormente citadas y Los Acuerdos de Paz firmados en diciembre de 1998.

En comunicación personal con el Ing. Eric Cabrera, Viceministro de Ambiente en el 2004 estableció que uno de los principales problemas en materia de ambiente es la falta de integración de la región Centroamericana que tiene avances aislados; a pesar de existir comisiones como la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, que buscan optimizar políticas y fomentar el desarrollo sostenible en conjunto para la región.

Debido al tamaño del área protegida Cerro Alux, son cinco municipios los rectores: Mixco y San Juan del departamento de Guatemala y Santiago, San Pedro y San Lucas del departamento de Sacatepéquez. Son las políticas establecidas por estas municipalidades y los lineamientos del CONAP los que rigen el destino de esta zona de protección.

En el 2004 por iniciativa de la Unidad Técnica Cordillera Alux del CONAP se presentó el documento titulado *Política de Conservación Ambiental del Área Protegida: Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux* el cual fue presentado a un comité integrado por entidades ambientales y universidades de Guatemala.

El objetivo principal de la política es el de «*actualizar a través de la investigación científica la información que se tiene del Área Protegida y que permita determinar mediante un análisis la situación de los recursos naturales del área. El proceso de validación de la información generada debe ser participativo con la participación de los beneficiarios directos lo que permitirá la implementación de un Plan Maestro que refleje las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Área Protegida.*» Dentro de esta política se considera primordial modificar la zonificación interna de la reserva ya que la zona de Protección de Caudales y Flujos de Agua (ver mapa 2/9) fue propuesta en base únicamente a alturas, sin tomar en consideración otros factores; para el Ing. Víctor López debe considerarse como primordial dentro de las políticas ambientales la conservación de uno de los cerros ubicados al suroeste del área urbana de San Pedro Sacatepéquez ya que las corrientes de agua que ahí se forman surten de agua a dicha población.

F. Infraestructura

Dentro de los principales proyectos de infraestructura está el alquiler de terrenos para la colocación de antenas de telecomunicación, radio, televisión y telefonía celular (ver mapa 6/9). Este tipo de construcciones alteran el ecosistema, principalmente durante la etapa de construcción ya que es necesario habilitar caminos modificando el paisaje y el ambiente. El efecto que las ondas de transmisión causan sobre el ambiente debe ser tema de un estudio posterior. Mientras tanto, con buenas políticas económicas y ambientales éste tipo de desarrollo podría ser utilizado como fuente de ingresos para la zona de reserva, siempre que se exija que una vez terminada la etapa de construcción las empresas deben velar por el mantenimiento del bosque en las zonas aledañas sin que esto impida una buena transmisión de las ondas de telecomunicación.

Uno de los proyectos de mayor impacto en la zona es la construcción del Anillo Metropolitano, planificado desde mediados de los 90's. Esta carretera que liberaría en gran medida el tránsito dentro de la ciudad capital ya cuenta con la Evaluación de Impacto Ambiental. El desarrollo del Anillo Metropolitano es de gran importancia el desarrollo de Guatemala, según lo planificado esta carretera no atravesará la zona de reserva no obstante de no cumplirse con las medidas de mitigación propuestas o de ignorarse las especificaciones constructivas y estructurales podría generar alto impacto negativo sobre el área. Para que el desarrollo de este proyecto sea ambientalmente compatible deben proponerse mejores políticas de conservación en la zona y aplicar medidas de control urbano.

Es necesario considerar que muchos de los caminos dentro del cerro son imperceptibles en las fotografías ya que han sido cubiertos por las copas de los árboles lo que indica que el desarrollo no necesariamente es incompatible con el ambiente.

Un proyecto de gran importancia dentro de la zona es la propuesta que realiza el MAGA, PAFG y el Programa de Manejo Forestal en Tierras Comunales para el desarrollo del “Parque Cero Alux -Finca El Astillero-,” que consiste en el desarrollo de un parque con características ecológicas en un área aproximada de 68.2 has. cuyo objetivo principal es el de *«proteger el ecosistema representativo de la región y proporcionar a los habitantes de la región metropolitana un área silvestre para la educación, investigación, monitoreo y recreación.»*

El parque ya está en funcionamiento, está ubicado en la Finca El Astillero, en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez al que se ingresa desde la Carretera Interamericana 1.8 km. antes del cruce a San Lucas Sacatepéquez.

X. CONCLUSIONES

- No se detectó una disminución en la cobertura forestal en el 2001 respecto al año 1991 por lo que es evidente la importancia de continuar protegiendo los ecosistemas y la riqueza biológica de Guatemala. Con los resultados obtenidos en este documento se puede deducir que es de gran beneficio para la salud del ambiente continuar con la promoción de declaración de Áreas Protegidas.
- La etapa de construcción de las lotificaciones tiene una incidencia negativa sobre la cobertura forestal, pero una zona habitada puede registrar mejoría en la cobertura forestal.
- Para que los polígonos trazados sobre fotografías aéreas puedan ser sobrepuestos uno sobre otro, ambas fotografías deben estar ortorectificadas, con lo que el corrimiento en ambos años será despreciable.

XI. RECOMENDACIONES

- Deben realizarse estudios que analicen las siguientes presiones: a) la utilización de leña como combustible, b) la disposición de desechos sólidos, c) el acceso a red de drenaje y d) la fuente de obtención de agua. De esta forma se podrá estimar el tiempo de supervivencia de la Reserva Privada Protectora de Manantiales Cerro Alux y orientar las políticas de acción en estas direcciones.
- Se recomienda realizar fotointerpretaciones periódicas de la Reserva Alux, en períodos de diez años, para asegurar la efectividad de las políticas de conservación, garantizar la salud del ecosistema y el abastecimiento de recursos para las zonas cercanas.
- La Unidad Técnica Cordillera Alux de CONAP debe ser un ente de mayor trascendencia en la zona; debe contar con profesionales capaces de generar propuestas que propicien la conservación de los recursos naturales sin limitar el desarrollo urbano y agrícola de la zona.
- Es importante impulsar programas tendientes a mejorar las condiciones de vida de la población del área, con la finalidad de disminuir la presión sobre los recursos naturales de la zona.
- Deben implementarse en todos los niveles programas de educación adaptados a las características culturales de la población de la región que promuevan la conservación de los recursos naturales.
- Debe fomentarse el uso de sistemas agroforestales para promover la disminución de monocultivos en la zona.
- Es importante promover el uso de sistemas y sensores remotos para hacer análisis objetivos sobre la salud de los ecosistemas y así poder hacer proyecciones sobre el futuro de algunas áreas de interés nacional.

- Es necesario concientizar a toda la población sobre los beneficios de la conservación de la zona de Reserva Alux, incluyendo tanto a las personas encargadas de tomar decisiones políticas en temas ambientales como a los alcaldes y habitantes de los municipios del área.
- Se recomienda la evaluación del reglamento del área Técnica de CONAP del Cerro Alux para garantizar que sus líneas de acción estén concentradas en mejorar las condiciones ambientales sin frenar el desarrollo de la zona.
- Se recomienda impulsar en la zona proyectos de investigación que resalten la importancia de los recursos forestal e hídrico.
- Se recomienda el uso de ortofotos (fotografías ortorectificadas) generadas por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) en el año 2006 para actualizar el análisis.

XII. BIBLIOGRAFÍA

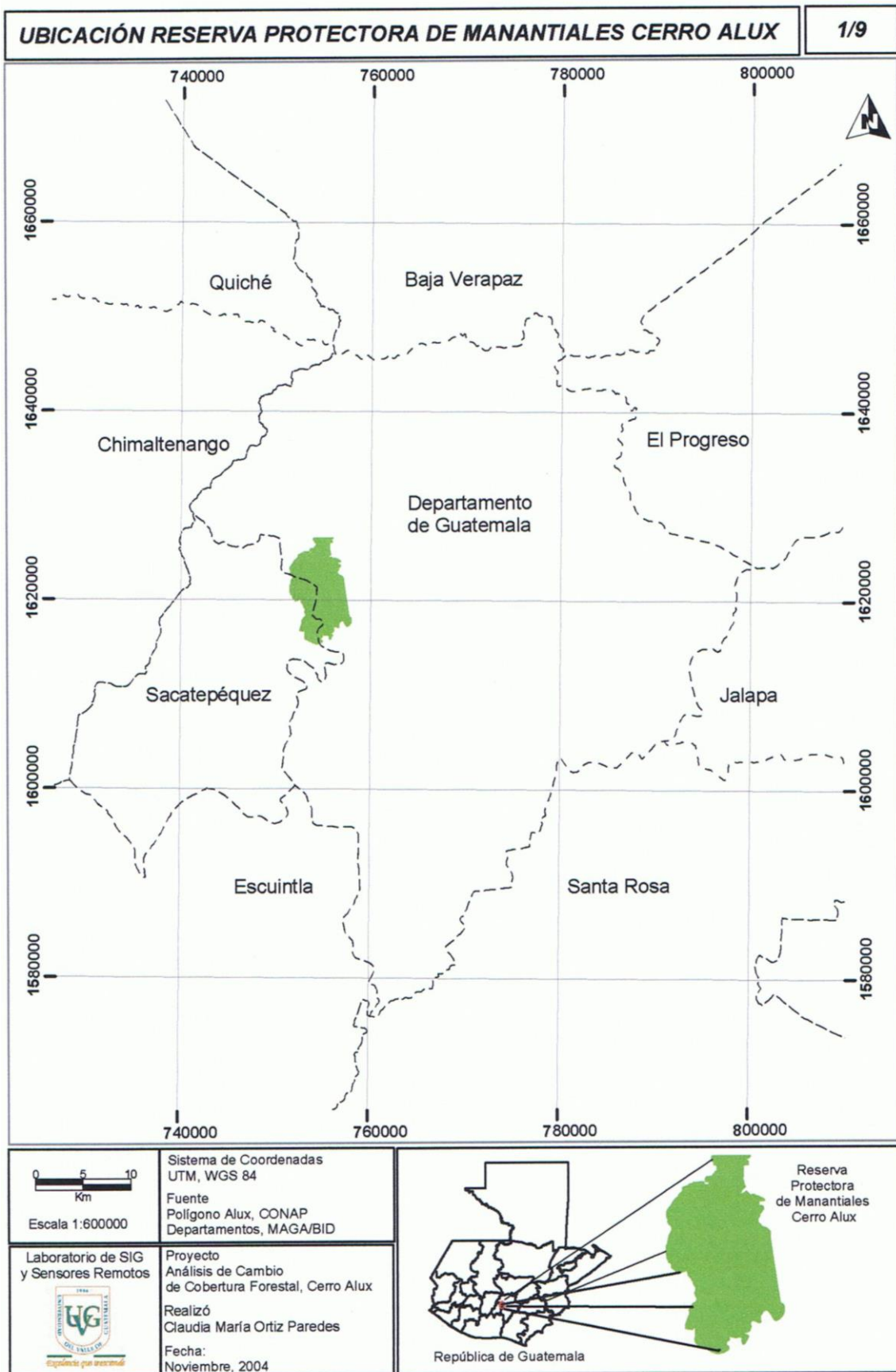
- Acción Ciudadana, USAID, RTI Internacional. 2003. *Manual de legislación municipal*.
- Asociación desarrollo para todos, ASODESPT, Consejo nacional de Áreas Protegidas, CONAP. Julio 2000, *Informe Final Plan Maestro Área Protegida Sierra Alux*, Guatemala.
- Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala (AVANCSO), Cuadernos de Investigación No. 18. 2003, *El Proceso de Crecimiento Metropolitana de la Ciudad de Guatemala, Perfiles del Fenómeno y Ópticas de Gestión*. 308 págs.
- *Constitución de la República de Guatemala*, Guatemala, 1985, Editorial Piedra Santa.
- Guerra Peña Felipe, 1980, *Fotogeología*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México.
- Henry Glynn Y Heinke Gary, 1999, *Ingeniería Ambiental*, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, Segunda edición, México.
- IARNA, 2004, Perfil Ambiental de Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, *Informe Sobre el Estado del Ambiente y Bases para su evaluación sistemática*.
- Leuder Donald, 1959, *Aerial Photographic Interpretation*, McGraw-Hill Book Company, INC. USA.
- López Gabriel, Octubre 2004, Entrevista. Departamento de Fotogrametría, IGN.
- López Víctor, Octubre 2004 Ingeniero Director Unidad Técnica Cerro Alux, CONAP, Guatemala.
- Martínez Tuna, Miguel, 2002, *Valoración Económica del agua en la ciudad de Guatemala*, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Guatemala.

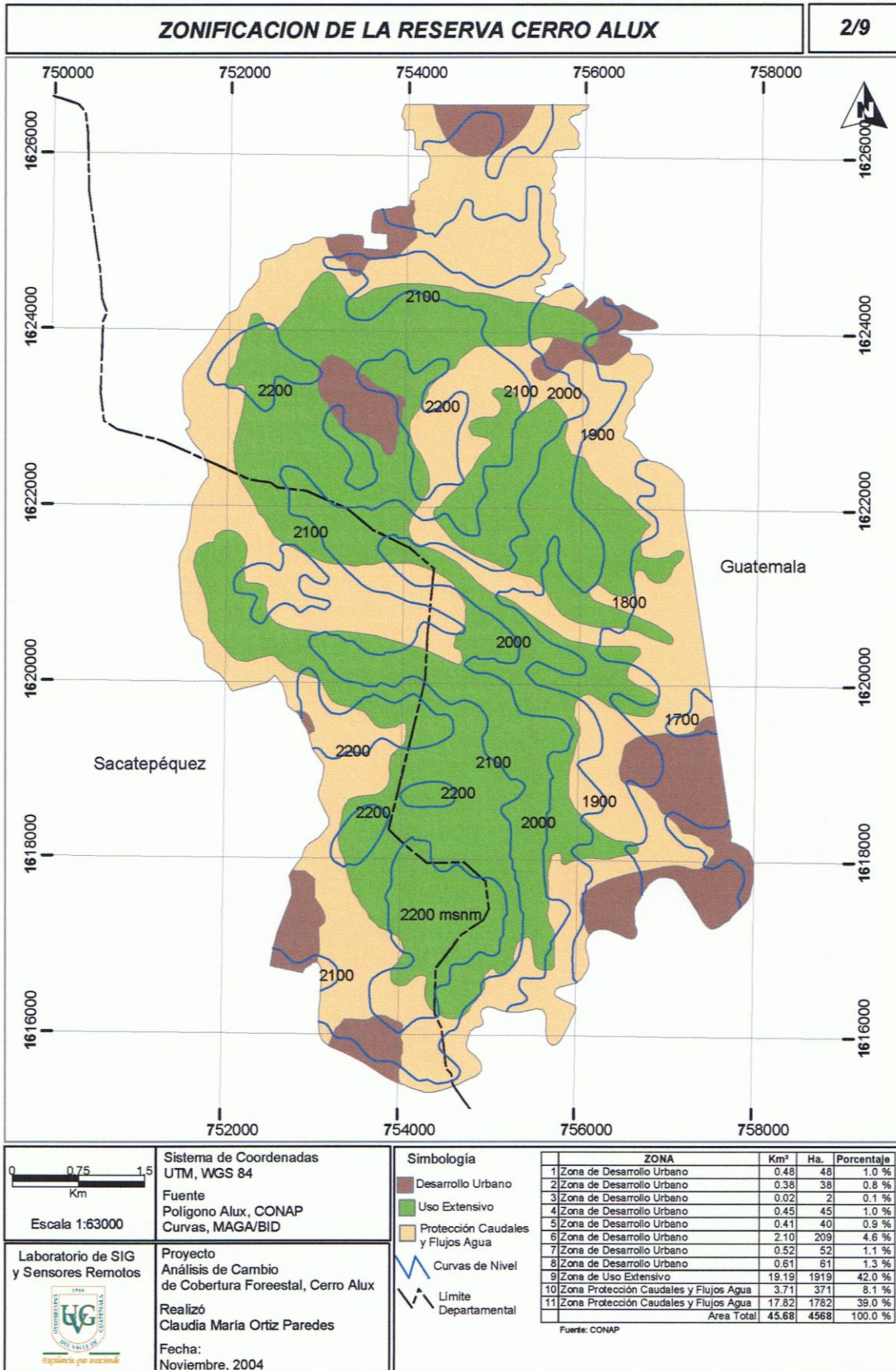
- Meffe Gary And Carroll Ronald, 1994, *Principles of Conservation Biology* Sinauer Associates, INC. Sunderland, Massachusetts.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA, *Plan de Acción Forestal Guatemala*, PAFG, Noviembre de 1997, Programa de manejo Forestal en Tierras Comunales, PROYECTO “Parque Cerro Alux –Finca el Astillero-, en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez, del Departamento de Sacatepéquez.
- Mitchell Andy, 1999, *The ESRI Guide to GIS Analysis*, Environmental System Research Institute, Inc, Unites States of America.
- Ortiz Rosales Rolando, 2002, *Guatemala Política Agraria en La Segunda Mitad Del Siglo XX*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- PAFG, mayo-agosto, 1996, enero-Abril, 1997, enero-agosto 1998, septiembre 1998, marzo 1999, Boletín Informativo.
- Programa de Emergencia por Desastres Naturales, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Guatemala 2001, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), *Informe Técnico, Base de Datos Digital de la República de Guatemala*, Escala 1:250000.
- REMER, Red Radio de Emergencia, Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Exterior, España 2002. C.D. de Información.
- Shuster Jac, Octubre 2004, Entomólogo, Entrevista. Director Licenciatura en Ecoturismo Universidad del Valle de Guatemala.
- Silvel Elías, 1997, *Evaluación de la Sostenibilidad en Guatemala*, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACOS, Guatemala.
- Sistemas de Información Geográfica, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma 1989.
- Trujillo Jiménez Javier, www.sedic.es, 2003, Unidad de Autoformación. SEDIC. Riesterer, JIM, Introduction to Topographic Maps, Geospatial Training and Analysis cooperative, [www.Geology, isu.edu/geostac/Field_Exercise/topomaps/ref_datum.htm](http://www.Geology.isu.edu/geostac/Field_Exercise/topomaps/ref_datum.htm).
- Tuna Miguel, 2002, *Valoración Económica del Agua en la Ciudad de Guatemala*, FLACSO, Guatemala.

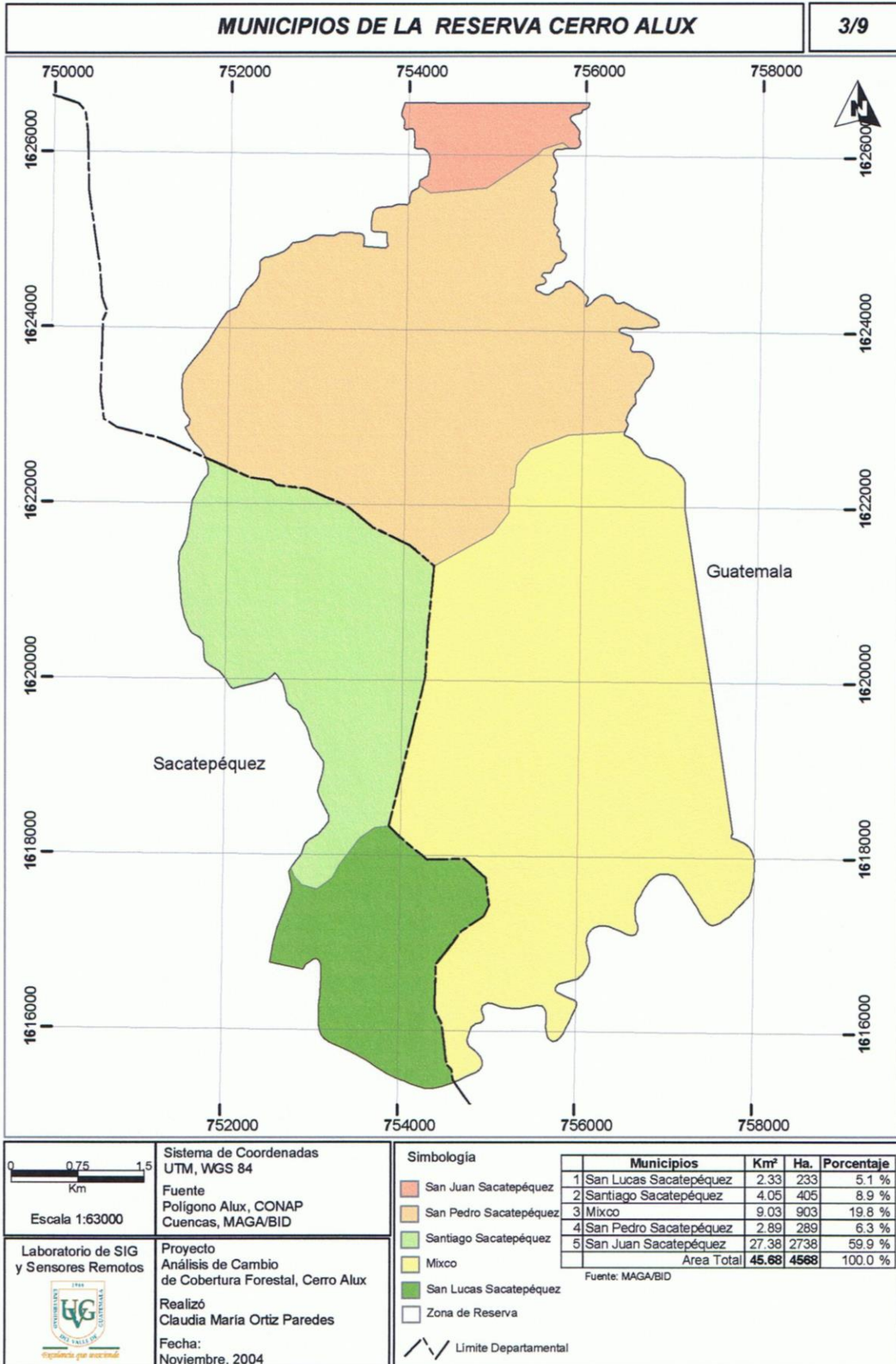
- Varios Autores, 1997, *Evaluación de la Sostenibilidad en Guatemala* FLACSO, WWF, Guatemala.
- Varios Autores, 1999, *Enfoque Sobre El Desarrollo Sostenible*, FLACSO, Guatemala.

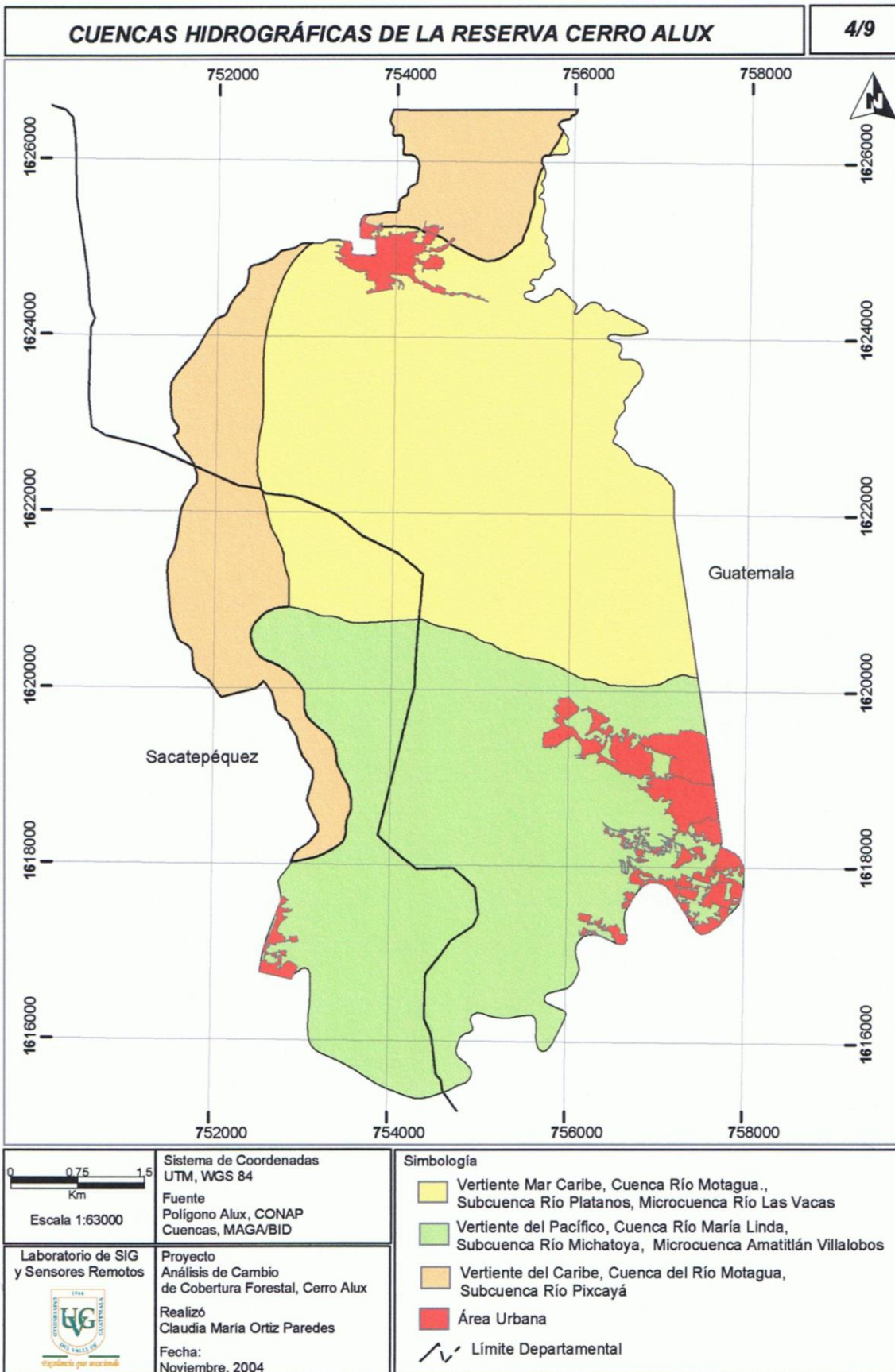
XIII. ANEXOS

A. Mapas



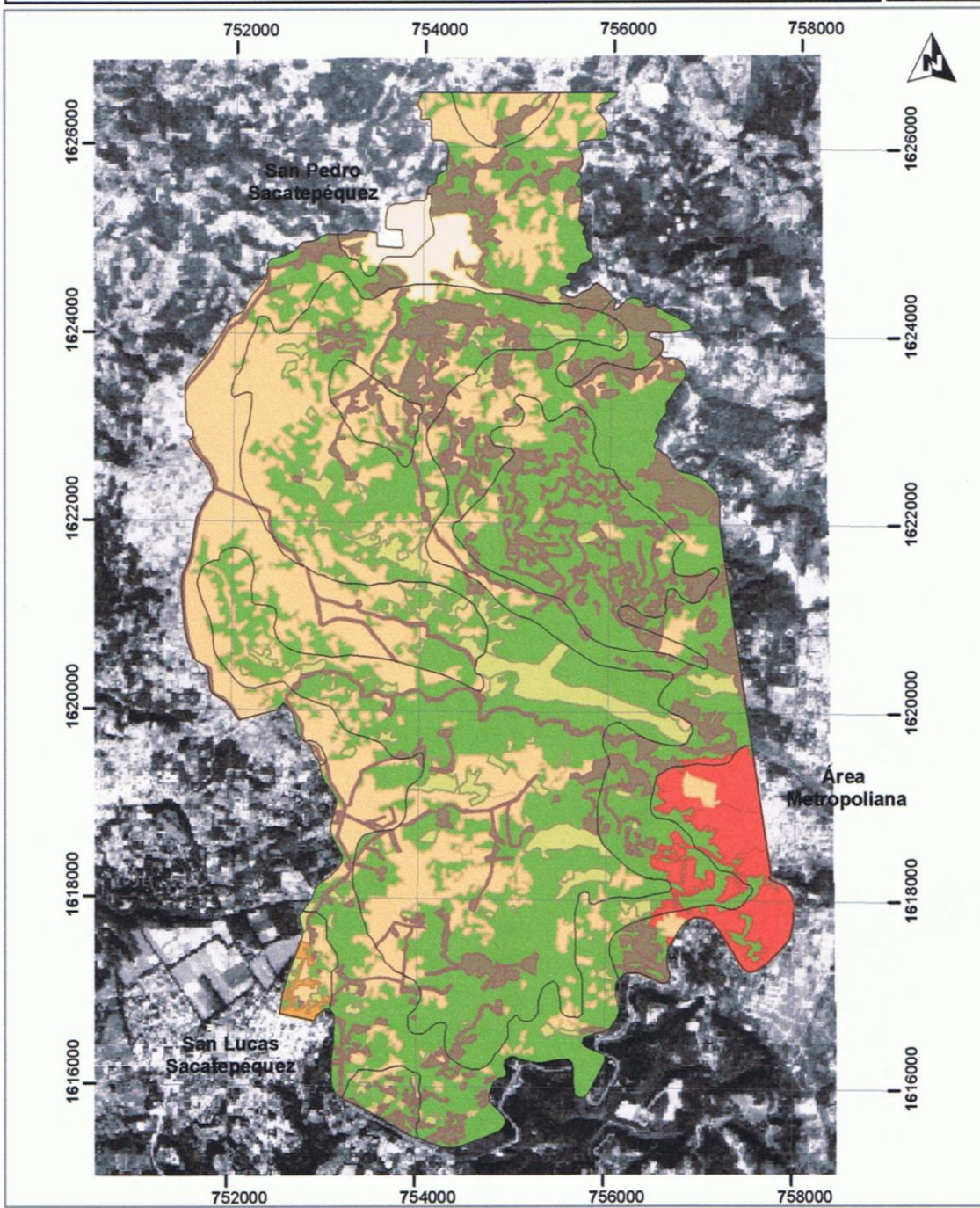




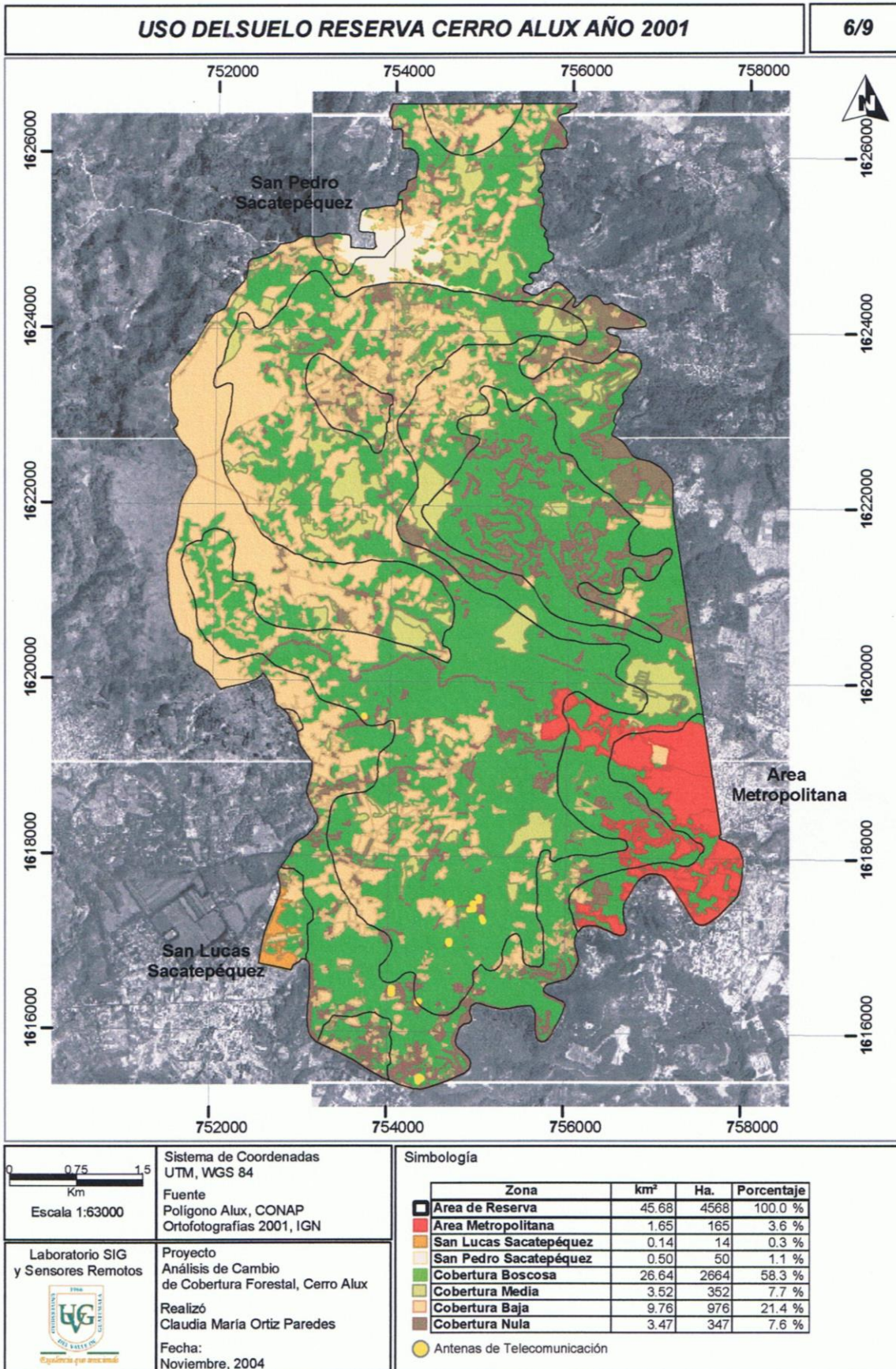


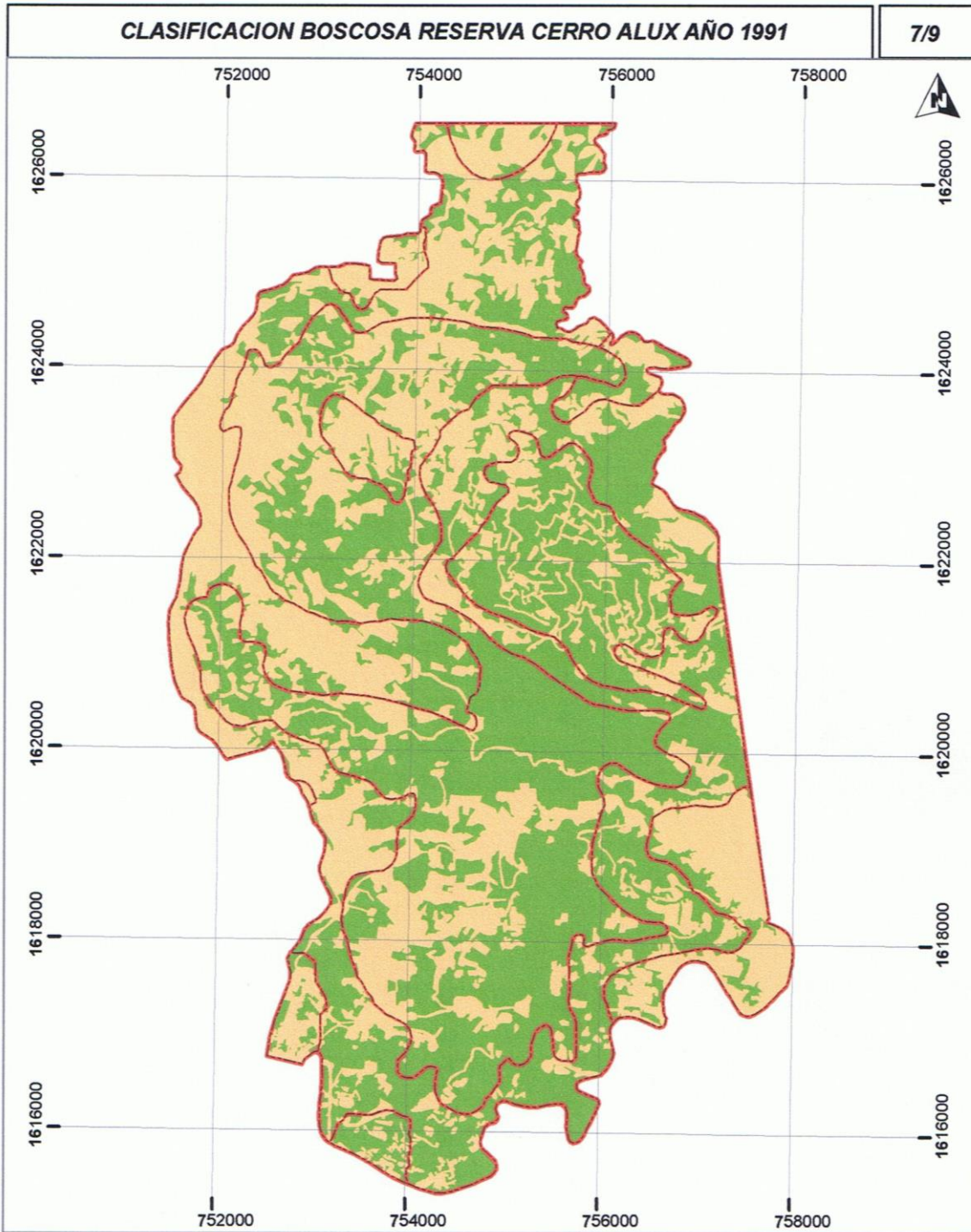
USO DEL SUELO RESERVA ALUX AÑO 1991


5/9

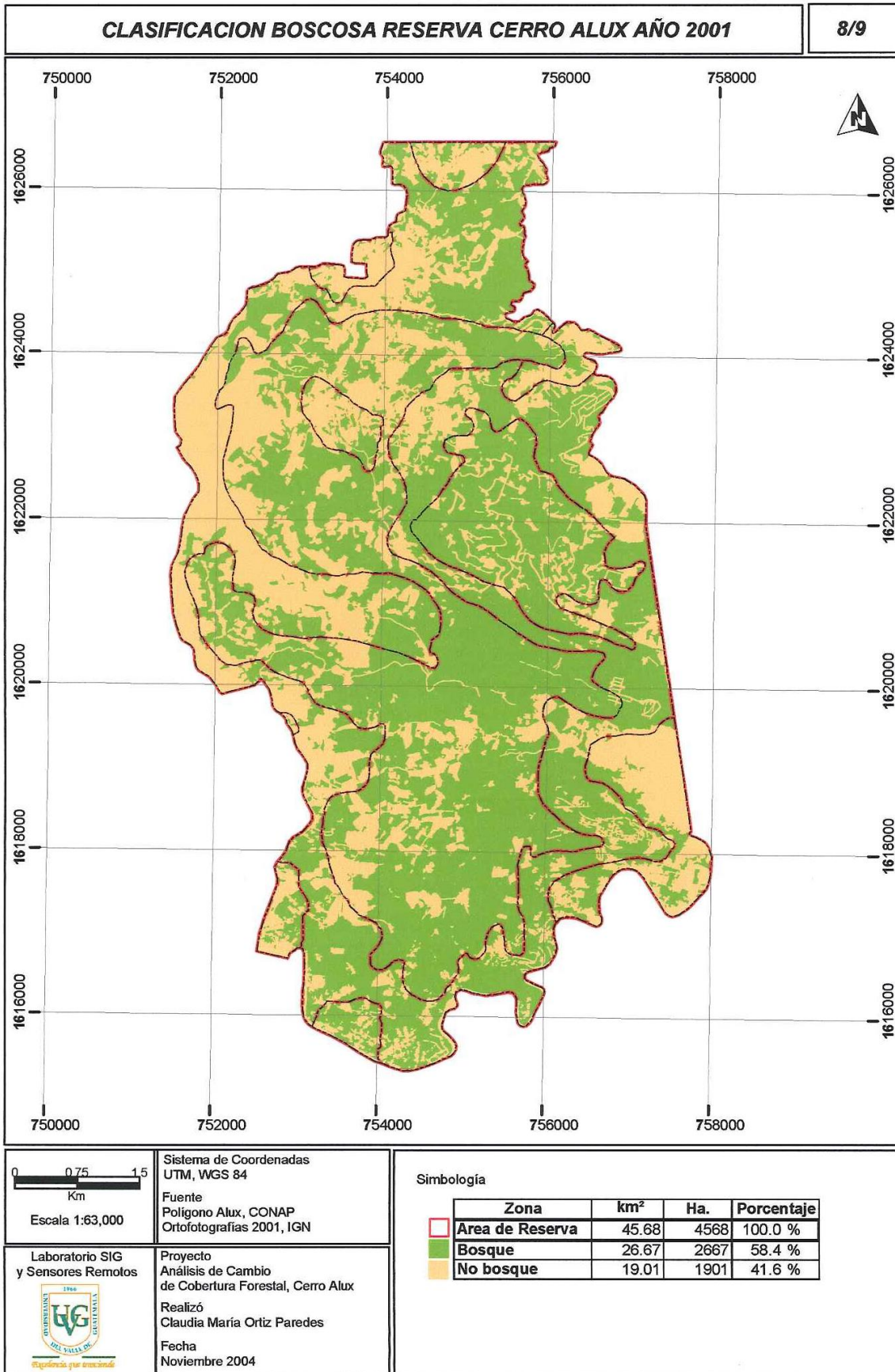


<p>0 0.75 1.5 Km</p> <p>Escala 1:63000</p>	<p>Sistema de Coordenadas UTM, WGS 84</p> <p>Fuente Polígono Alux, CONAP Fotografía aérea 1991, IGN</p>	<p>Simbología</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Zona</th> <th>km²</th> <th>Ha.</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Area de Reserva</td> <td>45.68</td> <td>4568</td> <td>100.0 %</td> </tr> <tr> <td> Area Metropolitana</td> <td>1.55</td> <td>155</td> <td>3.4 %</td> </tr> <tr> <td> San Lucas Sacatepéquez</td> <td>0.10</td> <td>10</td> <td>0.2 %</td> </tr> <tr> <td> San Pedro Sacatepéquez</td> <td>0.73</td> <td>73</td> <td>1.6 %</td> </tr> <tr> <td> Cobertura Boscosa</td> <td>23.88</td> <td>2388</td> <td>52.3 %</td> </tr> <tr> <td> Cobertura Media</td> <td>2.53</td> <td>253</td> <td>5.5 %</td> </tr> <tr> <td> Cobertura Baja</td> <td>11.53</td> <td>1153</td> <td>25.2 %</td> </tr> <tr> <td> Cobertura Nula</td> <td>5.36</td> <td>536</td> <td>11.7 %</td> </tr> </tbody> </table>	Zona	km²	Ha.	Porcentaje	 Area de Reserva	45.68	4568	100.0 %	 Area Metropolitana	1.55	155	3.4 %	 San Lucas Sacatepéquez	0.10	10	0.2 %	 San Pedro Sacatepéquez	0.73	73	1.6 %	 Cobertura Boscosa	23.88	2388	52.3 %	 Cobertura Media	2.53	253	5.5 %	 Cobertura Baja	11.53	1153	25.2 %	 Cobertura Nula	5.36	536	11.7 %
Zona	km²	Ha.	Porcentaje																																			
 Area de Reserva	45.68	4568	100.0 %																																			
 Area Metropolitana	1.55	155	3.4 %																																			
 San Lucas Sacatepéquez	0.10	10	0.2 %																																			
 San Pedro Sacatepéquez	0.73	73	1.6 %																																			
 Cobertura Boscosa	23.88	2388	52.3 %																																			
 Cobertura Media	2.53	253	5.5 %																																			
 Cobertura Baja	11.53	1153	25.2 %																																			
 Cobertura Nula	5.36	536	11.7 %																																			
<p>Laboratorio de SIG y Sensores Remotos</p>	<p>Proyecto: Análisis de Cambio de Cobertura Forestal, Cerro Alux</p> <p>Realizó: Claudia María Ortiz Paredes</p> <p>Fecha: Noviembre 2004</p>																																					



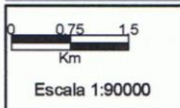
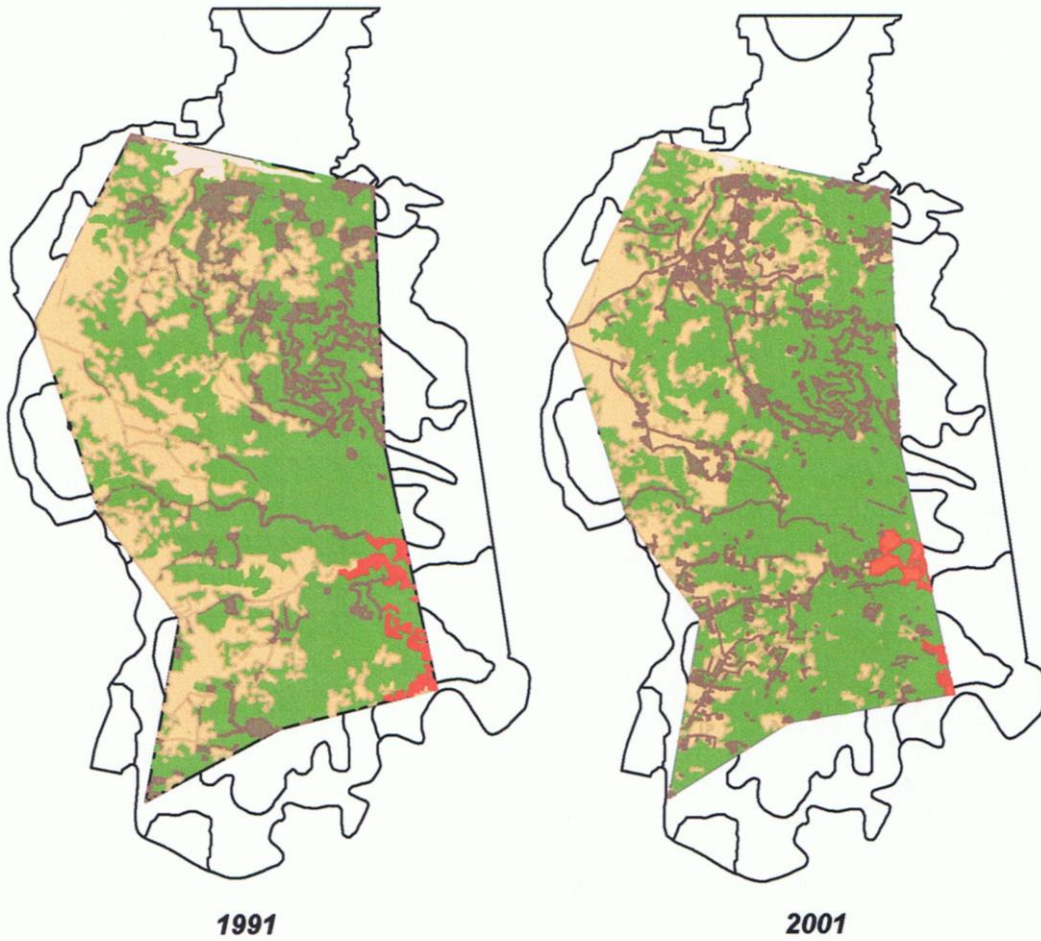


<p>0 0.75 1.5 Km</p> <p>Escala 1:63000</p>	<p>Sistema de Coordenadas UTM, WGS 8</p> <p>Fuente Polígono Alux, CONAP Fotografía aérea 1991, IGN</p>	<p>Simbología</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona</th> <th>km²</th> <th>Ha.</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Area de Reserva</td> <td>45.68</td> <td>4568</td> <td>100.0 %</td> </tr> <tr> <td>■ Bosque</td> <td>25.85</td> <td>2585</td> <td>56.6 %</td> </tr> <tr> <td>■ No bosque</td> <td>19.83</td> <td>1983</td> <td>43.4 %</td> </tr> </tbody> </table>	Zona	km ²	Ha.	Porcentaje	■ Area de Reserva	45.68	4568	100.0 %	■ Bosque	25.85	2585	56.6 %	■ No bosque	19.83	1983	43.4 %
Zona	km ²		Ha.	Porcentaje														
■ Area de Reserva	45.68	4568	100.0 %															
■ Bosque	25.85	2585	56.6 %															
■ No bosque	19.83	1983	43.4 %															
<p>Laboratorio SIG y Sensores Remotos</p>  <p>Sigüelos por internet</p>	<p>Proyecto: Análisis de Cambio de Cobertura Forestal, Cerro Alux</p> <p>Realizó: Claudia María Ortiz Paredes</p> <p>Fecha: Noviembre 2004</p>																	



COMPARACION COBERTURA AÑO 1991 Y 2001

9/9



Sistema de Coordenadas
UTM, WGS 84
Fuente
Polígono Alux, CONAP
Ortofotografías 2001, IGN
Fotografía 1991, IGN



Proyecto
Análisis de Cambio
de Cobertura Forestal, Cerro Alux
Realizó
Claudia María Ortiz Paredes
Fecha:
Noviembre, 2004

- Simbología**
- Polígono Zona de Reserva Cerro Alux
 - Area Metropolitana
 - San Lucas Sacatepéquez
 - San Pedro Sacatepéquez
 - Cobertura Boscosa
 - Cobertura Media
 - Cobertura Baja
 - Cobertura Nula

B. Glosario

Arc-gis: programa de computadora diseñado para realizar análisis de imágenes de satélite y fotografías aéreas utilizando un sistema de coordenadas que permiten sobreponer capas de información generadas en programas similares. Es una aplicación para uso de sistemas de información geográfica y mapeo que permite visualizar, crear, resolver, presentar y desarrollar mapas, dibujos, fotografías e imágenes en dos y tres dimensiones. (Arc-Gis Help)

Coordenadas GTM: Nuevo sistema de coordenadas generadas por el IGN a partir de 1999 a solicitud de catastro para evitar el corrimiento generado por el cambio de zona 15 a 16 al utilizar coordenadas UTM.

Coordenadas UTM: Sistema de coordenadas proyectadas en el sistema Transverso de Mercator.

Escala: referencia que determina que una unidad de distancia en una fotografía o un mapa representa específicamente a una unidad de distancia real medida en la tierra. Ejem: si 1 mm en una fotografía representa 25m en la tierra, la escala de la fotografía estará expresada como $1\text{mm}=25\text{ m}$ (unidades equivalentes) o $1/25,000$ (fracción representativa) o $1:25,000$ (ratio). (Illesand y Kiefer, 1994) La altura está relacionada con la altura de vuelo, el ángulo de inclinación y las características de la cámara.

Error RMS: por sus siglas en inglés Root-mean-square error se calcula como una desviación estándar de la altura (profundidad) de la superficie relativa a la referencia de todos los puntos introducidos como referencia.

Georeferenciación: proceso para definir como una imagen raster se ubica en un mapa con información de coordenadas (x, y) lo que permite sobreponer otras capas de información en un sistema de coordenadas definido (Arc-Gis Help); este proceso se realiza introduciendo puntos de control de una imagen con sistema de coordenadas definido e identificando los mismos puntos en la imagen que no tiene referencia, la introducción de estos puntos genera el error RMS, mientras menor es el error mejor es el proceso de georeferenciación

Imágenes Raster o de barrido: Se produce al dividir una imagen en puntos mediante una retícula, y posteriormente, asignar un valor a cada punto para indicar su color, son adecuadas para representar imágenes reales. (Trujillo 2003)

Imagen vectorial: Se produce al representar una imagen mediante figuras geométricas definidas por la posición espacial entre una serie de puntos (vectores) son más adecuadas para representar planos técnicos y figuras geométricas (Trujillo 2003).

Ortorectificación: Proceso de corrección Geométrica de una Fotografía Aérea. (Castellanos 2004)

Píxel: Abreviatura de *Picture Element*, cada uno de los miles o millones de puntos de luz de la pantalla de un ordenador que forman una red. Es por tanto la unidad mínima de información de imagen en la pantalla del ordenador. Su tamaño no es fijo, ya que depende de la resolución del monitor; a menor tamaño, mayor resolución (Trujillo 2003).

Resolución: Es una expresión de la calidad óptica de una imagen reproducida por un sistema fotográfico; está en relación de la calidad del rollo, el tipo de lente utilizado en la cámara, cualquier movimiento de la cámara durante la exposición,

las condiciones atmosféricas, las características de reproducción del rollo y algunos otros.

Shape: Del inglés forma. En programa Arc-gis puede definirse como capa generada en un software especializado en la cual se pueden cargar imágenes vectoriales, raster o generar polígonos con referencia geográfica que permite sobreponer información, (Elaboración propia)

Sistema de coordenadas: sistema de referencia utilizado para medir de forma horizontal y vertical distancias en un mapa planimétrico. Un sistema de coordenadas se define generalmente con la proyección de un mapa, un sistema de coordenadas contiene como mínimo la siguiente información: esferoide o referencia, datum, paralelos estándar, meridiano central y posibles desplazamientos en dirección x y y. (Arc-Gis Help)