

SD 387
M3M353

**CARTOGRAFIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y PROPUESTA DE
ZONIFICACION DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE LAS MINAS,
GUATEMALA.**

Por
César Otoniel Maldonado Hernández

Trabajo para Optar al Grado de Magister Scientiae en
Gestion de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente
(con Enfasis en Estudios de Impacto Ambiental)



SERBIULA - CIDIAT



SD387 M3M353 e2

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E
INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
1996



Donado: Direccion Cidiat. Recibido: 16-12-96

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, que da sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia, por las metas alcanzadas y a El sea el honor y gloria por siempre.

El trabajo realizado, en el presente estudio, no es exclusivamente personal. La aportación hecha por diversas personas e instituciones fue importante y es justo referirse a ellas. En primer lugar, a las instituciones que me han formado académica y profesionalmente como la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas. Seguidamente, a las instituciones que directamente contribuyeron a mi formación en el campo ambiental, al Banco Interamericano de Desarrollo por la beca otorgada, a la Universidad de los Andes de Venezuela y al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial.

Para finalizar mi agradecimiento a las personas, no menos importantes que las instituciones. Al Prof. Silvino Reyes, tutor del trabajo de grado, quien confirmó mi convicción de que se aprende para enseñar. Mi agradecimiento también al Prof. José Vilches y Prof. Miguel Cabeza por su asesoría en el presente trabajo.



DEDICATORIA

A mis padres, César Maldonado y Lilia de Maldonado, como fruto de la buena siembra que realizaron en mí.

A Guisela, mi esposa, mi ayuda idónca.

A Claudia Johana, Josué Otoniel, Wendy Sofía y Melissa Gisela, mis hijos, con amor.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
INDICE.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE SIMBOLOS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
Capítulo	
I. INTRODUCCION.....	1
II. CARTOGRAFIA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y PROPUESTA DE ZONIFICACION DE LA RBSM, GUATEMALA.....	3
Importancia del tema.....	3
Justificación.....	5
Alcances.....	7
Significado.....	7
Objetivos.....	7
Objetivos generales.....	7
Objetivos específicos.....	8
III. METODOLOGIA.....	9
Cartografía de recursos naturales renovables.....	9
Zonificación de la RBSM.....	10
Procedimiento General.....	11
IV. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA APLICADOS A LA CARTOGRAFIA DE LA RBSM.....	13
Sistemas de Información Geográfica.....	13

INDICE (Continuación)

Capítulo

Antecedentes históricos.....	13
Definiciones de Sistema de Información Geográfica.....	14
Ventajas y desventajas de los SIG.....	14
Modelos de representación espacial.....	15
 Sistema de Información Geográfica ARC/INFO.....	 16
Descripción del programa ARC/INFO.....	16
ARC/INFO en la cartografía de los recursos naturales renovables de la RBSM.....	17
 V. ANÁLISIS FÍSICO GEOGRÁFICO DE LA RBSM, GUATEMALA.....	 19
Descripción del área.....	19
Síntesis geológica.....	22
Marco geológico regional.....	22
Provincias fisiográficas.....	22
Tierras Altas Sedimentarias.....	23
Tierras Altas Cristalinas.....	23
Depresiones de Izabal y del Motagua.....	23
Estratigrafía.....	24
Rocas Metamórficas.....	24
Rocas Sedimentarias del Carbonífero y Pérmico.....	24
Carbonatos del Pérmico.....	24
Carbonatos del Cretácico.....	24
Arenisca Subinal.....	24
Aluviones Cuaternarios.....	24
Rocas ígneas del Cretácico-Jurásico.....	25
Rocas Intrusivas.....	25
Estructura.....	25
Clima.....	25

INDICE (Continuación)

Capítulo

Vegetación.....	29
Uso Actual de la Tierra.....	30
Valores Socioeconómicos.....	31
Zonas de vida.....	32
Monte Espinoso Subtropical.....	33
Bosque Seco Premontano Subtropical.....	33
Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.....	33
Bosque Muy Húmedo Premontano Subtropical.....	33
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical.....	34
Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical.....	35
Hidrografía.....	35
VI ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	37
Análisis integrado y multiescalar de paisajes	37
Paisajes	38
Paisaje bioclimático Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	38
Paisaje bioclimático Bosque Muy Húmedo Premontano Subtropical..	38
Subpaisaje litológico sobre material de Carbonífero Pérmico...	38
Subpaisaje litológico sobre Rocas Metamórficas.....	41
Subpaisaje litológico sobre Carbonatos del Pérmico.....	41
Subpaisaje litológico sobre Aluviones Cuaternarios.....	41
Subpaisaje litológico sobre Rocas Intrusivas.....	41
Paisaje bioclimático Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical	42
Subpaisaje litológico sobre Rocas Metamórficas.....	42
Subpaisaje litológico sobre Rocas Intrusivas.....	42
Subpaisaje litológico sobre material del Carbonífero Pérmico...	42
Paisaje bioclimático Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical.....	42
Subpaisaje litológico sobre Rocas Metamórficas.....	42
Subpaisaje litológico sobre Rocas Intrusivas.....	43

INDICE (Continuación)

Capítulo

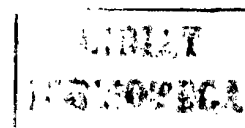
Zonificación.....	43
Marco legal e institucional.....	43
Marco legal.....	43
Criterios de manejo y selección.....	44
Marco institucional.....	45
Debilidades institucionales.....	46
Zonificación de la RBSM.....	46
Zonificación: Situación actual.....	46
Zonificación: Propuesta planteada.....	47
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFIA.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Coberturas digitalizadas y generadas por superposición mediante ARC/INFO.....	18
2	Coordenadas de los límites externos de la RBSM.....	21
3	Cronoestratigrafía de la república de Guatemala.....	26
4	Estaciones meteorológicas del área de estudio.....	28
5	Registros anuales de temperatura y precipitación pluvial del área de estudio.....	29
6	Áreas de la cobertura vegetal y uso actual de la tierra de la RBSM.....	30
7	Zonas de vida y sus áreas respectivas.....	32
8	Especies vegetales indicadoras de las zonas de vida	34
9	Resumen de la integración de paisajes de la RBSM.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ubicación del área de estudio.....	20
2	Fallas geológicas y placas tectónicas.....	27
3	Zonificación actual de la RBSM.....	48
4	Zonificación propuesta de la RBSM.....	51



LISTA DE SIMBOLOS

Simbolo

km	:	kilómetro
m	:	metro
mm	:	milímetro
ha	:	hectárea
msnm	:	metros sobre el nivel del mar
CITES	:	Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
IUCN	:	International Union for Conservation of Nature and Natural Resource
ONG	:	Organización no gubernamental
SIG	:	Sistema de Información Geográfica
CONAMA	:	Comisión Nacional del Medio Ambiente
RBSM	:	Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas
CONAP	:	Consejo Nacional de Areas Protegidas
SIGAP	:	Sistema Guatemalteco de Arcs Protegidas.
Spp	:	Subespecie
Sp.	:	Especie
INSIVUMEH	:	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
NCGIA	:	National Center for Geographic Information and Analysis
UTM	:	Universal Transversa Mercator
CESEM	:	Centro Superior de Energía y Minas
INAFOR	:	Instituto Nacional Forestal

RESUMEN

Sierra de las Minas es una cadena montañosa cubierta por bosques subtropicales con una alta significación ecológica y cultural. La región tiene una alta biodiversidad y endemismos, pero esta riqueza ecológica es pobremente conocida. La Sierra de las Minas fue declarada como Reserva de la Biósfera en 1990 y reconocida como tal por el programa "El Hombre y la Biósfera" de la UNESCO en 1993. Actualmente diversos programas se han implementado en la reserva, pero es necesaria una sólida información ecológica para desarrollar programas de manejo, principalmente en la protección de los ecosistemas y sus estrategias de uso.

El propósito del presente trabajo fue desarrollar, en primer lugar, la cartografía de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica, conociendo los principales factores físico-naturales de la reserva; a saber, clima, geología, hidrología, cobertura vegetal y uso actual de la tierra. En segundo lugar, hacer una propuesta de zonificación de la reserva, ya que la utilizada actualmente fue desarrollada sin contar con la información adecuada de los recursos naturales existentes.

Los resultados concretos de la investigación aportan los elementos básicos para que en el futuro se realice el inventario de recursos naturales de la región y con toda esta información, cartografía e inventario, se implementen planes de manejo de la reserva. Así mismo, mediante la cartografía computarizada en ARC/INFO (SIG), se da una base cartográfica geoecológica automatizada que recibirá toda información, pasada y futura, para su correlación con las variables ambientales; de esta manera, se establecen las bases fundamentales para futuras investigaciones, manejo y monitoreo de los recursos de la reserva. Además, la metodología utilizada, adaptada a las condiciones de Guatemala, se puede usar para estudios regionales más amplios o en áreas protegidas importantes a nivel local, de Latinoamérica y el Caribe.

El estudio está estructurado de la siguiente manera: inicialmente se describen la importancia, la justificación, los alcances, el significado y los objetivos del trabajo. Luego, la metodología empleada en las tres etapas de la investigación: Instalación del SIG y cartografía base, alimentación del SIG mediante la información de recursos naturales renovables y la elaboración de la propuesta de zonificación de la reserva. A continuación, se analizan los sistemas de información geográfica y su aporte en la cartografía de recursos naturales renovables; para seguir con el análisis físico-geográfico y clasificación de paisajes de la RBSM. Por último, se encuentra la descripción de la zonificación y las conclusiones y recomendaciones.



CAPITULO I

INTRODUCCION

El hombre ha magnificado la importancia de los recursos naturales a su disposición al considerarlos como los medios para lograr progreso y bienestar. De aquí se desprende la preocupación de diversos gobiernos en la conformación de Areas Protegidas, las cuales tengan por objeto la conservación, el manejo racional, la restauración de la flora y fauna silvestre y la protección de recursos de alta significación por su función o por sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores; para preservar el estado natural de los diversos ecosistemas. La protección a estos recursos naturales permitirá mantener las opciones de desarrollo sostenible del país.

Guatemala es un país que por su posición biogeográfica, sus distintas características fisiográficas y variadas condiciones climáticas, posee una diversidad extraordinaria de paisajes, ecosistemas, especies, recursos genéticos y riqueza natural en general. Además, cuenta con una riqueza cultural milenaria que hoy está representada por 21 etnias, más de 60 dialectos y diferentes expresiones de aprovechamiento sostenible basada en una profunda comprensión de la mística relación hombre-naturaleza. Los indígenas de mayor edad poseen un importante conocimiento empírico sobre la diversidad natural y los procesos ecológicos, haciendo sus actividades tradicionalmente sostenibles.

Sin embargo, a pesar de esta riqueza natural y cultural, la óptima administración de estos recursos no se ha logrado. Una de las razones del deficiente manejo de los recursos naturales es la carencia de un diagnóstico situacional que permita identificar y explicar factores y condicionantes que conforman la realidad, evaluar los recursos y potencialidades, identificar problemas ambientales y efectos perjudiciales, conocer características de los ecosistemas y su potencial uso por la población. En resumen, es necesario un estudio del medio físico y de un inventario de recursos naturales.

En 1990, mediante el decreto 49-90, fue creada la RBSM. Actualmente no se cuenta con información suficiente sobre su biodiversidad y características propias, por lo que se desconoce si las actividades planeadas y actualmente implementadas son apropiadas a cada uno de esos ecosistemas.

El presente trabajo tuvo como propósito la realización del levantamiento cartográfico de los recursos naturales renovables de la RBSM y el establecimiento de una sólida base de información ambiental automatizada para identificar, describir y delinear paisajes con atributos comunes y que puedan responder con similar manera a los trastornos naturales y al manejo. De igual forma, se elaboró una propuesta de zonificación para la RBSM, a través del levantamiento cartográfico de recursos naturales renovables del área y de la integración de la información de precipitación pluvial, temperatura, geología, cobertura vegetal y uso actual de la tierra.

CAPITULO II

CARTOGRAFIA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y PROPUESTA DE ZONIFICACION DE LA RBSM, GUATEMALA.

Importancia del tema

Sierra de las Minas es una hilera montañosa de 130 km de largo y 15-30 km de ancho localizada al Este de Guatemala; está cubierta por un mosaico de bosques seco, húmedo, muy húmedo y pluvial. Tiene una muy alta diversidad biológica y endemismo, debido a su localización geográfica e historia geológica.

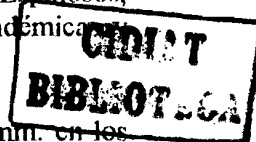
Brown y Gibson, 1983, citado por Defensores de la Naturaleza (1995), explican que esta cadena montañosa representa una de las primeras masas de tierra que emergieron en el Cenozoico Temprano, hace unos 60 millones de años, durante la compleja formación del puente terrestre de América Central. Fue también un importante refugio plesocénico y desde entonces es una de las regiones más altas de Guatemala, aparte de la cadena volcánica (Campbell, 1982). Es además, una importante barrera climática entre las regiones secas y húmedas, por tanto, barrera biogeográfica entre géneros del Norte y géneros antárticos del Sur. Como resultado, Sierra de las Minas es un importante centro de especiación y endemismo en América Central, con más de 70 especies de plantas endémicas y está representada en ella al menos el 35% de toda la flora endémica de Guatemala. La región es un área biótica específica, caracterizada por su composición en términos de reptiles y anfibios, especialmente salamandras. El área completa es clave para la protección de la avifauna en peligro.

Los eventos biogeográficos que ocurren en Sierra de las Minas determinan la compleja diversidad biológica que actualmente contiene. En esta hilera montañosa hay una convergencia de géneros - Acer, Abies, Cornus, Taxus y Juniperus entre otras - los cuales están en el extremo meridional de la hilera y también géneros - como Podocarpus - los cuales están cerca de su límite septentrional (Dix, 1994).

De su rango altitudinal - 3.000 msnm - y su orientación hacia los vientos alisios, Sierra de las Minas tiene una gran diversidad climática, la cual favorece la existencia de diversos ecosistemas subtropicales.

Dos regiones, el Bosque Nublado y la más baja elevación de Montes Bajos Espinosos, son especialmente significativas en términos de diversidad de especies, especies endémicas y únicas en Meso América (Dix, 1994).

La comunidad del bosque nuboso recibe una precipitación superior a 4.000 mm. en los picos más altos, es la más extensa en toda América Central septentrional. Es la más grande extensión de hábitat para el ave nacional guatemalteca, el Quetzal (*Phromacrus mocinno*) y, de acuerdo a Paiz (1994) citado por Defensores de la Naturaleza (1995), se ha tenido recientemente pruebas de que el Quetzal necesita una gran área para llevar a cabo sus migraciones estacionales y cumplir con sus requerimientos ecológicos. Al menos siete especies



de escarabajos y siete anfibios (Campbell, 1982) son específicos de esta comunidad natural. Muchas orquídeas, bromeliáceas y helechos, incluyendo una especie de helechos arbóreos, son también endémicas.

Detrás de la sombra de lluvias que presenta la Sierra de las Minas contra los alisios, el valle del Motagua constituye la región más árida de América Central con menos de 500 mm de precipitación por año. Este bosque seco está aislado de algún otro similar, resultando en una muy específica flora y fauna, caracterizada particularmente por cactus y reptiles. Diversas especies de cactus endémicos y el más viejo género de cactus, *Pereskia*, están presentes. Estos montes bajos tienen la más alta diversidad de cactus, especies de *Leucaena* sp y *Mimosa* sp de toda América Central. *Callandria* sp, la cual ha sido muy importante mundialmente para proyectos de reforestación en lugares áridos, también se encuentra presente. La reserva genética aquí presente podría ser un recurso importante si la tendencia mundial de desertificación no cambia.

Otros ecosistemas significativos de la Sierra de las Minas son:

- Bosque de coníferas Sierra de las Minas que incluye 13 especies, más que en ningún otro país (Dix, 1994). La mayor parte de las especies de pino son endémicas en tipos ecológicos o nivel de subespecie y parecen presentar muy alta variabilidad genética. Esta reserva de germoplasma es muy significativa y el repertorio de semillas originales para proyectos de reforestación alrededor del mundo son procedentes de esos bosques coníferos.
- La vertiente noreste está revestida de bosques de baja y mediana elevación, que corresponden a ecosistemas similares a los bosques tropicales lluviosos en las tierras bajas de Guatemala septentrional, con un alto número de especies neotropicales. Además, esos bosques están conectados a la vegetación de tierras húmedas del delta del Polochic, formando un importante corredor para migraciones estacionales y para efectos de conservación.
- Asociaciones de plantas con algunas *Agaves* endémicas tienen un soporte importante en los afloramientos de mármol y serpentina, en algunas áreas restringidas de la Sierra (Dix, 1994).
- Bosques con la palma *Chamaedorea* sp como componente dominante histórico, un fenómeno poco común en hábitats montañosos, son típicos en diversas regiones entre 2.500 y 3.000 msnm en Sierra de las Minas. Otras asociaciones con abundantes palmas de 1.600 a 1.900 msnm en la vertiente meridional, son también muy interesantes (Dix, 1994).
- Finalmente, hay un bosque escasamente accesible y casi desconocido, que está presente en algunos lugares ventosos muy restringidos de los pisos más altos.

Todos éstos son justamente algunos ejemplos de la variabilidad de ecosistemas de la Sierra de las Minas. No obstante, esa diversidad de ecosistemas todavía no ha sido inventariada.

Esta cadena montañosa es también significativa en términos de grupos particulares de especies. Un alto porcentaje de todos los vertebrados guatemaltecos -excluyendo a los peces- están presentes en los bosques de Sierra de las Minas (Defensores de la Naturaleza, 1992; Dix,

1994). Al menos 56 especies de aves migratorias invernan en los diferentes clases de bosques. Recientemente se descubrió el hábitat para invernar del pájaro cantor *gold-cheeked* (*Dendroica chrysoparia*) en la elevación media de bosques de pinos y robles de Sierra de las Minas y algunas montañas del oeste de Honduras. Las diferentes comunidades naturales son refugio de muchas especies raras o en peligro que están listadas en los apéndices CITES.

Hay también un grupo significativo de especies con un potencial económico si son cosechadas sustentablemente; se incluye la especie *Smilax sp* (zarzaparrilla), -muy diversa y abundante- y especies de bambú y lianas que son usadas en la elaboración de cestas. Muchas plantas medicinales y comestibles están presentes.

Otro importante recurso natural que depende de los bosques de Sierra de las Minas es el agua. Se localizan 63 ríos, que dan agua a más de 140 comunidades asentadas en las montañas y diversos poblados en los valles cercanos. Sus aguas son cruciales para la agricultura, la mayor actividad económica crítica del área; para la pequeña industria y para energía hidroeléctrica.

Esta riqueza natural, socioeconómica y complejidad étnica, hace de la protección de los bosques un desafío. En la Sierra de las Minas hay tres grupos étnicos, dos de ellos indígenas - Q'eqchi y Pocomchí-. La mayor parte de la gente es muy respetuosa hacia los bosques y los animales. Los mayores poseen un importante conocimiento empírico sobre la diversidad natural y los procesos ecológicos. Aunque algunas de sus actividades son tradicionalmente sustentables, hoy en día, las restricciones económicas, principalmente, los empuja hacia las cosechas no sustentables de los recursos naturales con la consecuente desaparición del bosque subtropical y la declinación de la biodiversidad.

La principal amenaza a los recursos naturales de la Reserva es el avance de la frontera agrícola, seguido por la industria maderera ilegal, incendios y plagas forestales. Las comunidades locales son extremadamente pobres, carecen de la propiedad de la tierra agrícola y no tienen acceso al mercado y a los servicios públicos. Por otra parte, la población maya al norte de la región, fue severamente afectada durante la guerra civil y violencia de las décadas pasadas. El retorno de la población desplazada incrementa la presión sobre los recursos naturales.

Justificación

El Congreso de la República de Guatemala (Decreto 49-90) declaró a la Sierra de las Minas como Reserva de la Biósfera en 1990, la cual fue reconocida como tal en 1993 por la UNESCO y su programa "El Hombre y la Biosfera". La fundación Defensores de la Naturaleza, una ONG guatemalteca envuelta en conservación, fue legalmente designada como la administradora del área protegida. La principal meta es garantizar, a largo plazo, la supervivencia de la diversidad biológica en la región por medio de la protección de los bosques primarios remanentes y de la promoción del desarrollo sostenible de las comunidades locales.

La Reserva que cuenta con una extensión total de 236.300 ha, está dividida internamente en cuatro zonas de manejo plenamente definidas por el congreso guatemalteco:

- Zona Núcleo (105.700 ha): donde las actividades económicas no son permitidas y donde los recursos naturales están mejor protegidos.
- Zona de Uso Sostenible o Múltiple (34.600 ha): donde se manejan los recursos bajo los principios de sostenibilidad ecológica y social.
- Zona de Amortiguamiento (91.800 ha): donde la mayor parte de las comunidades están asentadas y la agricultura es realizada permitiendo el uso y aprovechamiento de los recursos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
- Zona de Recuperación (4.200 ha): donde las actividades de restauración necesitan ser hechas para proteger y recuperar suelos, fuentes de agua y para rehabilitar hábitats para la vida silvestre bajo el concepto de sostenibilidad.

Estas categorías fueron definidas sin contar con información suficiente sobre la diversidad y características de los ecosistemas y su uso por los habitantes locales. Es extremadamente importante mejorar la zonificación de la Reserva y adaptar categorías de manejo a las características ecológicas y necesidades de la población.

Se tiene solamente información superficial sobre los diferentes ecosistemas en términos de extensión y uso potencial de la tierra. El inventario de recursos naturales y la actualización de la zonificación son requeridos para determinar si la conservación y el desarrollo de actividades planeadas y actualmente implementadas son apropiadas a cada uno de esos ecosistemas. Las normas establecidas en el Plan Maestro de 1992, en las cuales se ha basado el organismo administrativo para una estimación inicial de la región, necesitan ser actualizadas.

Esto es importante para tener una buena comprensión de la diversidad de sistemas naturales y un detallado conocimiento de las características ecológicas de la región. Es también necesario identificar a la vez la mayor parte de los frágiles ecosistemas y las áreas boscosas que puedan apoyar la explotación sostenible de algunos recursos naturales. Al verificar la fragilidad del área con sus diferentes ecosistemas y usos humanos se podrán definir cada una de las zonas de la Reserva.

La cartografía de recursos naturales de la región es el primer paso para la protección del área, ya que suministra una base no solo para una adecuada zonificación de la Reserva, sino para el manejo de todos los recursos biológicos. Posteriormente se podrá identificar la diversidad de paisajes, que son porciones de la superficie terrestre provista de límites naturales, donde los componentes (clima, fisiografía, elevación, geología, suelos y vegetación) forman un conjunto de interrelaciones e interdependencias. Los paisajes pueden ser identificados a diferentes escalas dependiendo del detalle requerido y de la extensión del área a estudiar, de esta manera se podrán trabajar desde escalas muy detalladas (1:10.000) hasta muy generales (1:750.000) y sus resultados se podrán usar inmediatamente para encontrar necesidades de manejo.

La información disponible para desarrollar el presente trabajo cubre el 76% de la reserva, siendo la superficie que cuenta con información actualizada de cobertura vegetal y uso

actual de la tierra. El resto del área se encuentra en la etapa de fotointerpretación y podrá incorporarse al SIG posteriormente a través de la metodología utilizada.

Alcances

Los resultados concretos de la presente investigación, contenidos en la Cartografía de Recursos Naturales Renovables de la RBSM, representa la base para investigaciones futuras. Se podrá identificar, describir y delinear a pequeña escala, paisajes con atributos comunes y que puedan responder con similar manera a los trastornos naturales y al manejo. Esta cartografía puede ser utilizada en la realización del Inventario particularmente dicho, además permite definir el manejo de la Reserva basado en su extensión geográfica, fragilidad y uso potencial.

La información generada por el presente estudio dará una sólida base de referencia, al contarse con la adecuada cartografía del área y el inicio de su correspondiente Banco de Datos computarizado, SIG, para implementar sistemas de monitoreo a largo plazo de los recursos existentes en la Reserva. El SIG es igualmente receptor del catastro rural de la región para su automatización.

Para otras instituciones, la metodología adaptada a las condiciones de Guatemala y empleada en la obtención de la cartografía de recursos naturales y su correspondiente zonificación, se puede usar para estudios regionales más amplios o en otras áreas protegidas importantes a nivel local, de Latinoamérica y el Caribe.

Significado

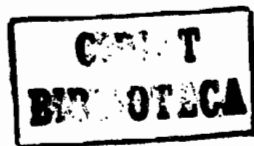
Todo trabajo de investigación debe estar orientado hacia el beneficio de la humanidad en general. El presente trabajo de grado no es la excepción, ya que su aporte va dirigido al desarrollo y adecuado manejo de la RBSM, área protegida establecida tanto para la conservación de los ecosistemas naturales como para el suministro de conocimientos científicos, conocimientos prácticos y valores humanos que pueden contribuir al logro del desarrollo social y económico sostenido del país.

Finalmente, ofrece un aporte en la adecuada valoración de áreas, que por el aislamiento en que se encuentran y la variedad de zonas de vida que albergan, proveen gran diversidad de flora y fauna, recursos potenciales que pueden ser utilizados sosteniblemente para el mejoramiento del nivel de vida de los habitantes de la región.

Objetivos

Objetivos generales

- Realizar la cartografía de los recursos naturales renovables de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala, en base a la integración de la información de precipitación, temperatura, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra, mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG)



- Elaborar una propuesta de zonificación para la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala, en base a la integración y análisis de los estratos de información de los recursos naturales renovables del área y de la identificación y caracterización de áreas de conservación, restauración y desarrollo sostenible.

Objetivos específicos

- Identificar los recursos naturales renovables de la Reserva de la Biosfera, a saber: condiciones meteorológicas referentes a precipitación y temperatura, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra.
- Producir la base cartográfica semidetallada (Escala de presentación 1:100.000 generada a partir de información escala 1:250.000) del área de estudio que represente espacialmente el comportamiento de cada parámetro ambiental.
- Iniciar una base cartográfica geo-ecológica automatizada y su correspondiente base de datos con la elaboración de Mapas temáticos de la región mediante un Sistema de Información Geográfica (ARC/INFO).

Actualizar la zonificación de la Reserva de la Biosfera, al integrar información sobre zonas de vida, características de los ecosistemas, cobertura vegetal y uso actual de la tierra y así tener bases para que las instituciones correspondientes puedan adaptar las categorías de manejo a las características ecológicas y a las necesidades de la población.

CAPITULO III

METODOLOGIA

La investigación permitió relacionar una herramienta con alto potencial en el manejo de información y los criterios de análisis integrado, simultáneo y multiescalar de paisajes; para lograr los objetivos propuestos. Ambos aspectos, la herramienta ARC/INFO y el análisis de paisajes poseen sus respectivas metodologías que se describen a continuación.

Cartografía de Recursos Naturales Renovables

La metodología aplicada goza actualmente de una gran difusión y responde, mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica ARC/INFO, a la necesidad de manejar y analizar grandes volúmenes de datos espaciales junto con sus atributos temáticos asociados, todo ello dentro de un sistema de coordenadas terrestres (UTM en nuestro caso) que permitan mantener la coherencia de la información recogida. Los pasos seguidos son los siguientes:

1. Búsqueda y obtención directa de los datos a utilizar que por lo general sólo se encuentran en formato analógico (mapas en papel); por lo que una vez reunidos y seleccionados de acuerdo a las necesidades concretas del estudio fue necesario convertirlos a formato digital. Las etapas seguidas en este proceso largo y complicado fueron las siguientes:
 - Digitación o digitalización de la información cartográfica analógica empleando una tableta digitalizadora. La tableta digitalizadora está compuesta por una mesa o tablero plano sobre el cual se puede disponer un mapa de papel y en cuyo interior se encuentra una red de hilos que pueden detectar, magnéticamente, la posición de otro componente de la tableta, un cursor, el cual puede ser movido, libremente, por el usuario de la tableta. Una lupa incorporada al cursor permite posicionarlo sobre un elemento del plano, con mucha precisión, y en ese momento se puede hacer uso de los botones, incorporados al cursor, para indicar que se desean registrar las coordenadas de ese lugar. Así, es posible que el operador de la tableta recorra las fronteras de una serie de objetos geográficos dibujados sobre el mapa tratado y las coordenadas de estas fronteras sean registradas por el ordenador a través de la tableta digitalizadora (Bosque, 1991).
 - Etiquetado de cada objeto geográfico digitalizado con un identificador único.
 - Asignación de la información temática a cada objeto geográfico digitalizado y correctamente identificado.
2. Análisis de la información, en el cual se diferencian tres tipos:
 - Análisis de la componente temática: se analizan los valores temáticos al margen de su relación con objetos espaciales y que, por lo tanto, están localizados. Se sitúa en el

amplio campo del análisis estadístico clásico con todas sus posibilidades y limitaciones para tratar datos espaciales.

- **Análisis de la componente espacial:** se describen las características estrictamente espaciales como forma, magnitud geométrica etc., de los objetos espaciales incluidos en la base de datos.
- **Modelado cartográfico:** es el procedimiento donde se usaron las funciones de manipulación y análisis de un SIG en una secuencia lógica, con el fin de resolver problemas espaciales complejos. Aquí, se incluyen la generación de nuevas coberturas mediante la superposición de las digitalizadas, cortes de áreas específicas de estudio, intersección de coberturas etc.

3. Generación de mapas para la presentación de resultados a escala 1:100.000, a partir de informaciones contenidas en escala 1:250.000. El mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra (escala 1:50.000) se desarrolló a partir de fotografías aéreas de enero de 1995.

Zonificación de la RBSM

El trabajo se realizó mediante el análisis integrado, simultáneo y multiescalar de los parámetros ambientales básicos cartografiados anteriormente, a saber: precipitación y temperatura, geología, cobertura vegetal y uso actual de la tierra. Además, se tomaron en cuenta los recursos culturales y arqueológicos del área.

Este método no solo sirve como procedimiento para inventariar los recursos naturales de un territorio, sino que también pone de manifiesto las características sistemáticas del mismo como un conjunto de componentes interdependientes, con lo cual, se facilita su diagnóstico y la determinación de su adecuación para usos potenciales, referidos en éste al manejo y conservación de los recursos naturales (González, 1981).

Según Reyes (1981), citado por Rincón (1990), el esquema seguido corresponde a una metodología establecida para el reconocimiento y sectorización de complejos geoecológicos regionales, lo cual comprende el análisis de componentes espaciales del medio natural, determinando así la importancia jerárquica areal de cada factor ambiental en la distribución de las comunidades bióticas y sobre las características ecológicas presentes en cada geosistema. De esta manera se facilita ver en forma integrada la información del territorio, su diagnóstico y la determinación de su zonificación.

Se tomaron en cuenta las limitaciones presentes en la legislación guatemalteca (Congreso de la República de Guatemala, 1990, 1995) y en el Plan Maestro de la RBSM (Defensores, 1992) en lo referente a los límites externos de la reserva y a los criterios de manejo y selección (zonas ya establecidas). Con esta referencia legal y mediante la valoración de aspectos ecológicos, biogeográficos, culturales y criterios de abundancia, rareza y riesgo, se precisó la clasificación espacial propuesta para la zonificación.

Procedimiento General

La investigación se realizó, inicialmente, con la generación de Cartografía integrada de los recursos naturales renovables de la región, utilizando los parámetros ambientales de más relevancia para el manejo de un área protegida, en la que el recurso natural que justifica su existencia son los ecosistemas. Los parámetros ambientales son los siguientes:

- Condiciones meteorológicas en cuanto a temperatura y precipitación.
- Geomorfología, Geología e Hidrología.
- Cobertura vegetal.
- Usos de la tierra.

La metodología indicada permitió conocer las características relevantes de cada uno de los componentes del medio, sus interrelaciones y su desarrollo como un sistema de componentes interdependientes que ayuda a cartografiar, diagnosticar y determinar su adecuación para usos potenciales. Es importante señalar al describir el procedimiento a seguir, el uso de los sistemas de información geográfica (ARC/INFO) en la generación de la cartografía de recursos naturales y en la zonificación de la Reserva como instrumento de apoyo en la elaboración de mapas temáticos de la región.

Lo anterior, condujo al segundo objetivo del trabajo como es la propuesta de zonificación, donde los resultados de la cartografía físico-natural se adecuaron íntegramente de acuerdo a las áreas de manejo establecidas para una Reserva de Biosfera como son: Zona Núcleo, Zona de Recuperación, Zona de Usos Sostenidos y Zona de Amortiguamiento.

Las actividades llevadas a cabo en el presente trabajo son las siguientes:

- Recopilación y revisión de información bibliográfica, cartográfica y aerofotográfica.
- Evaluación y procesamiento de la información meteorológica que sirvió de base para la elaboración de mapas de isoyetas de la región. Conceptualización del procedimiento de generación de estos mapas.
- Interpretación de fotografías aéreas escala 1:24.000 del año 1995. Evaluación y procesamiento de la información que sirvió de base para la elaboración del mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra. Conceptualización del procedimiento de generación de estos mapas.
- Digitalización y Modelado Cartográfico
 - Mapa topográfico o de curvas de nivel.
 - Mapa de red hidrológica.
 - Mapa de infraestructura vial.
 - Mapa de asentamientos humanos.
 - Mapa base generado por la superposición de las coberturas curvas de nivel, red hidrológica, infraestructura vial y asentamientos humanos.

- Mapa de Isoyetas
 - Mapa de Zonas de Vida generado por la superposición de los mapas Base y mapa de Isoyetas.
 - Mapa de Geología
 - Mapa Síntesis Físico-ecológico (ambientes o hábitat disponibles) mediante la superposición del mapa Base, mapa de Zonas de Vida y mapa de Geología.
 - Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra.
 - Mapa de Composición Biológica Actual y Manejo por la Sociedad, mediante la superposición del mapa Base y del mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra.
 - Mapa de Zonificación para el ordenamiento de la Reserva. (coberturas y usos clasificados según actividades permitidas y prohibidas).
- Visitas y chequeo de campo orientadas al reconocimiento general del área de estudio. Evaluación o validación de la información de la fotointerpretación preliminar de cobertura vegetal y uso de la tierra.
 - Corrección de las distintas coberturas de acuerdo a los resultados de la visitas, chequeos de campo y análisis de fotografías aéreas.
 - Procesamiento de la información final mediante la elaboración de mapas, cuadros y gráficas definitivas.
 - Análisis y discusión de resultados.
 - Revisión y discusión final con los asesores.
 - Elaboración del informe final.

CAPITULO IV

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA APLICADOS A LA CARTOGRAFIA DE LA RBSM

Sistemas de información geográfica

Antecedentes históricos

El interés del hombre por traspasar los límites naturales que posee, conjuntamente con la inquietud por conocer más su entorno físico, lo han impulsado a la invención y utilización de diversos medios físicos para hacer realidad sus deseos. Este es el caso de la observación a distancia de la superficie terrestre. Según Chuvieco (1990), la búsqueda de una nueva visión de los paisajes terrestres iniciados mediante la utilización de globos cautivos, pasando por las fotografías aéreas y llegando a la utilización de satélites espaciales, ha ampliado los horizontes para una extensa gama de áreas de investigación.

En estas diversas áreas de investigación de los paisajes terrestres, la generación de mapas temáticos, que reflejen el estado de la variable de interés, es importante. Los mapas son la fase final, el resultado último o un documento más que proporcione información integrada del área de estudio. Este tipo de enfoque se ha visto bastante beneficiado por las nuevas tecnologías de almacenamiento, manipulación y salida gráfica de la información espacial. Es así como han nacido los denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El primer ejemplo de SIG se tiene en 1964 con la creación de denominado Canadian Geographical Information System (CGIS) utilizado para el inventario y levantamiento de la ocupación territorial.

Según Bosque (1991) puede mencionarse las siguientes etapas de desarrollo:

- 1a. Etapa (1966-1970): Elaboración del programa SYMAP (1968) que es un programa de cartografía asistido por ordenador. Este programa fue mejorado posteriormente a través de CALFORM (1970) y los programas GRID e IMGRID basados en la denominada representación *raster* del espacio geográfico.
- 2a. Etapa (1970-1980): Se desarrolla el programa POLYVRT en donde se integra de modo explícito la topología de los objetos cartografiados cuyo precedente se encuentra en el formato denominado DIME (Dual Independent Map Encoding).
- 3a. Etapa: Se crea ya el primer y verdadero SIG de tipo vectorial del laboratorio de Harvard, el programa ODYSSEY, el cual incluye la digitalización semiautomática de los datos espaciales, la gestión de la base de datos y la elaboración interactiva de los mapas.

Se continúa también con el desarrollo de programas de representación de datos *raster* tales como ERDAS, IDRISI; otros vectoriales como el denominado PIOS y, el más conocido y utilizado en el presente trabajo, el ARC/INFO.

Definiciones de SIG

Existen diversas definiciones de SIG dependiendo del punto de vista desde el que son estudiados. Por ejemplo, si se basan en el tipo de información que manejan, Cebrián y Mark (1986) lo definen como "Base de datos computarizados que contienen información espacial"; si se ven las capacidades y funciones de que están dotados, la NCGIA (1990) citados por Bosque (1991), dice que es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos, espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Sin embargo, otros autores conciben los SIG como modelos informatizados del mundo real, descritos en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecidos para satisfacer unas necesidades de información específica respondiendo a un conjunto de preguntas concretas (Rodríguez, 1993).

Ventajas y desventajas de los SIG

Dentro de las ventajas de los sistemas de información geográfica citadas por Borcosque (1990), se mencionan:

- Mejoran el ordenamiento de los datos referenciados espacialmente.
- Permite mantener los datos en forma físicamente compacta.
- Permiten la recuperación de la información en tiempos breves.
- Proveen un inicio para el resguardo de los datos.
- Proporcionan herramientas computacionales capaces de realizar variados tipos de manipulación de los datos, incluyendo las mediciones de mapas, sobreposición de mapas, transformación de los formatos de los datos, diseños gráficos y manejo de base de datos.
- Permiten reducir los costos del procesamiento de los datos, especialmente en la etapa de actualización de los mismos.
- Permiten mezclar datos gráficos con datos no gráficos (atributos) y su manipulación simultánea.
- Permiten el diseño interactivo de coberturas a través de las herramientas de dibujo automatizado, y a su vez posibilitan acelerar y mejorar las tareas cartográficas tradicionales y diversificar la cartografía temática.
- Permiten, en forma rápida e interactiva, realizar pruebas y calibraciones de modelos conceptualizados que se deseen aplicar sobre el espacio. Esta propiedad favorece tanto los criterios científicos como de administración y control del espacio, en tiempos reducidos y sobre grandes áreas.
- Facilitan el análisis de procesos espaciales para distintos períodos de tiempo.
- Amplían el espectro del procesamiento y análisis de toda la información que ellos contienen.

- Permiten realizar ciertas formas de análisis que manualmente resultarían muy costosas o ineficientes; tal es el caso del análisis digital del terreno, cálculos de algunos elementos como pendientes, intensidad de insolación, superposición de conjuntos complejos de polígonos etc.
- Favorecen el proceso de toma de decisiones relativas al espacio, objeto de estudio, a través de las facilidades de integración y asociación de información.
- Permiten la incorporación permanente de nuevas aplicaciones en el campo de la informática.

Por otro lado tiene desventajas que deben ser consideradas, tales como:

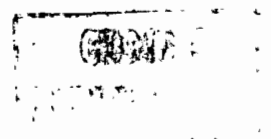
- Costos asociados a los problemas técnicos de convertir los registros geográficos existentes en archivos digitales automatizados.
- Los presupuestos para el financiamiento del mantenimiento, tanto técnico (equipos y programas) como de protección y actualización de la información ya automatizada.
- Elevado monto de inversiones iniciales en la adquisición del SIG y llenado de la base de datos.
- En los casos de adquisiciones de sistemas completos resulta imprescindible la definición de los objetivos de tal compra, y la verificación del sistema con respecto a sus potencialidades y condiciones contractuales con los proveedores.

Modelos de representación espacial

La representación del aspecto espacial se basa en dos formas o modelos de datos diferentes, las cuales se han denominado *raster* y *vectorial*.

En la representación SIG *raster*, el espacio geográfico real es subdividido en pequeñas celdas o unidades en las cuales se miden los valores temáticos existentes, es decir, que en lugar de codificar las fronteras, se registra el interior y sus límites quedan implícitamente representados. En este tipo de codificación se superpone el mapa analógico fuente a una rejilla de unidades regulares, de igual forma y tamaño y en cada una de las rejillas se registra el valor que el mapa analógico adopta. La rejilla puede estar formada por cuadrados/rectángulos, triángulos regulares o hexágonos. También debe considerarse el tamaño de la unidad base de la rejilla, pues cuanto más pequeña sea, más fiel será la representación digital del mapa (Bosque, 1991).

La representación SIG vectorial se centra en la descripción de las fronteras exteriores (límites o perímetro que separa el objeto del contorno) de los elementos geográficos existentes en el mundo real. Las líneas que actúan como fronteras, son representados mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que los forman. El elemento fundamental de referencia de este tipo de representación es el segmento lineal, delimitado por dos vértices. Dentro de los SIG con este tipo de representación vectorial tipo arco-nodo se encuentra el ARC/INFO, utilizado en este trabajo.



Sistemas de Información Geográfica ARC/INFO

Descripción del Programa ARC/INFO

El programa ha sido desarrollado por el Environmental System Research Institute (ESRI, Redlands, California, EUA) y goza actualmente de gran difusión. Desde un principio, fue ideado como un sistema genérico para ser utilizado en una gran variedad de trabajos de geoproceto. Responde a la necesidad de manejar y utilizar grandes volúmenes de datos espaciales, junto con sus atributos temáticos asociados; todo ello dentro de un sistema de coordenadas terrestres (UTM, geográfica, Lambert, etc.) que permitan mantener la coherencia de la información recogida.

El ARC/INFO se ha organizado de tal forma que la vertiente espacial y la vertiente temática se articulen en dos sistemas independientes, aunque relacionados de manera que cualquier actualización de uno de ellos se refleje automáticamente en el otro. Estos dos sistemas son el ARC y el sistema INFO.

El sistema ARC maneja la geometría o posición absoluta de cada objeto respecto a un par de ejes coordenados (X/Y) y a la topología (relaciones entre objetos: de proximidad, contigüidad etc.). Está capacitado, por tanto, para manejar los datos de localización geográfica.

El sistema INFO, de HENCO, almacena y maneja los atributos temáticos asociados (modelo relacional). De acuerdo con Esri (Users Guide, 1991), los módulos incluidos en el programa ARC/INFO, y que brevemente se describen a continuación, son los siguientes:

- ADS (Arc Digitizing System): posee un menú básico para trabajos de edición y digitalización de mapas.
- CLEAN Y BUILD: comandos que generan la topología en las nuevas coberturas o en coberturas ya existentes modificadas.
- TABLES: programa de creación, manipulación y gestión de una base de datos relacional.
- SML (Simple Macro Lenguaje): lenguaje de programación de macros que incluye: posibilidades de evaluación de expresiones, gestión de entradas y salidas de información; y direccionamiento del flujo de control del programa. Su operatividad se extiende a todos los módulos del programa.
- PLOT SYSTEM: conjunto de mandatos para enviar mapas a un *plotter* o a una impresora.
- PC INFOR: programa de gestión de las bases de datos temáticos asociados.
- PC ARCEDIT: es más completo que el programa de digitalización del módulo principal (ADS), permite digitalizar y editar de forma interactiva tanto los elementos gráficos como la base de datos asociada.
- PC ARCPLOT: módulo orientado fundamentalmente a la producción cartográfica, permite la selección de elementos, diferentes coberturas y su trazado con diferentes símbolos según el valor de sus atributos geográficos.
- PC OVERLAY: permite la manipulación y el análisis de la información geográfica mediante superposición de polígonos, generación de corredores, unión de coberturas adyacentes, extracción de áreas dentro de una capa temática etc.

- PC NETWORK: permite el análisis de redes.
- PC DATA CONVERSION: permite la transformación de formato *raster* al formato vectorial de ARC/INFO, y la conversión de ese formato vectorial a otros formatos vectoriales (Atlas, DIME, DLG, DXF, IGES, MOSS).

ARC/INFO en la cartografía de recursos naturales renovables de la RBSM

La información cartográfica analógica, es decir, a través de mapas en papel y diversas escalas, que se utilizó en el trabajo fue la siguiente:

- Mapa base para la obtención de curvas de nivel, red hidrológica, asentamientos humanos y estructura vial de la región. Mapa Base IGN, edición I-IGN-AMS, referencias ND 15-4, ND 16-1 a escala 1:250.000 con curvas de nivel con intervalo de 100 m preparado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Guatemala, la Dirección General de Cartografía (DGC) de Honduras, el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS) y el Servicio Cartográfico Militar (AMS) de los Estados Unidos. Control horizontal y vertical por el IGN e IAGS. Fotografías clasificadas en el campo por IGN, 1960-1961. Compilación fotogramétrica por AMS 1964 de mapas de 1:50.000 del IGN compilados en 1962.
- Mapa geológico de la República de Guatemala, escala 1:500.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) compilado por Samuel Bonis y Otto Bohnenberger en su 3a. impresión de marzo de 1977.
- Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra, escala 1:500.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La clasificación de cobertura y uso de la tierra, se elaboró a partir de los lineamientos establecidos por Anderson et al (1972), en "A land-use classification system for use with remote sensor data" y aquellos que aparecen en la publicación "Mapa de cobertura Vegetal y uso actual de la tierra de Bolivia" (Brockman, 1978) adaptadas a las condiciones de Guatemala, 1976-1978.
- Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (1995) escala 1:50.000 de la Fundación Defensores de la Naturaleza con apoyo de The Nature Conservancy (TNC) elaborado a partir de fotografías aéreas de enero de 1995.
- Mapa de Zonas de Vida, escala 1:600.000 del Instituto Geográfico Nacional basado en el diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales por L. R. Holdridge (1967). Estudios efectuados por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR), 1976, con levantamiento del mapa ecológico de J. René de la Cruz S., quien estableció once zonas de vida y, tentativamente, tres más que están en estudio actualmente.
- Imágenes de satélite y fotografías aéreas: se utilizó mosaico de 3 imágenes de satélite de Landsat Tm escala 1:250.000 y 1:325.000. mayo 1990 y mayo 1991, bandas 4, 5 y 3 con referencias geográficas Proyección Transversal Mercator. Además, se usaron fotografías aéreas (1995) escala 1:24.000.

La generación de estas coberturas así como de las resultantes por la superposición de las mismas, fue desarrollada en el Instituto de Fotogrametría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes y se encuentran descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Coberturas digitalizadas y generadas por superposición mediante ARC/INFO

NOMBRE COBERTURA	ORIGEN DE LA INFORMACION	TIPO COBERTURA
Curvas	Mapa base IGM. Escala 1:250.000	Líneas
Hidrología	Mapa base IGM. Escala 1:250.000	Líneas
Asentamientos humanos	Mapa base IGM. Escala 1:250.000	Puntos
Infraestructura vial	Mapa base IGM. Escala 1:250.000	Líneas
Zonas de Vida	Mapa Defensores. Escala 1:250.000	Polígonos
Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra	Mapa Defensores. Escala 1:50.000	Polígonos
Geología	Mapa IGM. Escala 1:250.000	Polígonos
Mapa base	Superposición coberturas: curvas, hidrología, asentamientos humanos e infraestructura vial.	Puntos y líneas
Mapa síntesis físico-ecológico	Superposición coberturas : Zonas de Vida y Geología	Polígonos
Mapa Ocupación Biológica Actual y Uso por la Sociedad	Superposición coberturas: Vegetal y Uso Actual de la Tierra y mapa base.	Polígonos
Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra por Zonas de Vida.	Superposición coberturas: Vegetal y Uso Actual de la Tierra y Zonas de Vida.	Polígonos
Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra por tipo de Geología	Superposición coberturas: Vegetal y Uso Actual de la Tierra y Geología	Polígonos
Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra por Zonas de Vida y por tipo de Geología	Superposición coberturas: Vegetal y Uso Actual de la Tierra, Zonas de Vida y Geología.	Polígonos
Urbanización	Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra y Zonas de Vida	Polígonos