

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA S.I.G
APLICADO AL MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD DEL PARQUE NATURAL
MUNICIPAL DE PITALITO PNMP, DEPARTAMENTO DEL HUILA, COLOMBIA**

ANDRÉS MAURICIO MUNAR SAMBONÍ

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS
NEIVA
2012**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA S.I.G
APLICADO AL MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD DEL PARQUE NATURAL
MUNICIPAL DE PITALITO PNMP, DEPARTAMENTO DEL HUILA, COLOMBIA**

ANDRÉS MAURICIO MUNAR SAMBONÍ

**Tesis de grado para optar el título de Magíster en Ecología y Gestión de
Ecosistemas Estratégicos.**

Director

Mg. MIJAEL BRAND PRADA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS
NEIVA
2012**

HOJA DE ACEPTACIÓN

PhD. MARIO SÁNCHEZ
Presidente del Jurado

Mg. ORLANDO MAYORGA
Jurado

Mg. MIJAEL BRAND PRADA
Director

Neiva, Agosto de 2012

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todos los que participaron en el desarrollo del proyecto de investigación, a los profesores de la Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos de la Universidad Surcolombiana, en especial al Director del Proyecto Mg. Mijael Brand Prada, a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, a la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito EMPITALITO ESP, a la Corporación para el Monitoreo de la Biodiversidad del Sur Mashiramo, al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano SENA y a todas y cada una de las personas que participaron en el desarrollo de la investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a:

A Dios Todopoderoso, por hacer realidad este sueño.

A mis padres, Nelson Munar Penagos y Gloria Mercedes Samboní, por su confianza y apoyo incondicional en cada paso que doy.

A mi tía, Sandra Patricia Munar Penagos, (Q.E.P.D) que siempre me ilumina y estará conmigo siempre.

A mis hermanos, Nelson Javier y Laura Camila, abuelos, tíos, primos y demás familiares.

A mi compañera de la maestría y amiga incondicional María Leonor Saavedra Pinzón.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE ANEXOS	
RESUMEN	1
SUMMARY	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.1 Formulación del problema	4
3. OBJETIVOS	6
3.1 Objetivo general	6
3.2 Objetivos específico	6
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. MARCO REFERENCIAL	8
5.1 Antecedentes de la investigación	8
5.2 Marco Teórico	9
5.2.1 SIG	9
5.2.2 Componentes de un SIG	12
5.2.3 Ventajas y Desventajas de un SIG	12
5.2.4 Aplicaciones de los SIG	13
5.2.5 Modelamiento Cartográfico mediante SIG	13
5.2.6 Evolución de los SIG	14
5.2.7 Biodiversidad	15
5.2.8 Especies Focales	15
5.2.9 Deforestación y Fragmentación	15
6. DISEÑO METODOLÓGICO	17
6.1 Área de estudio	17
6.2 Desarrollo metodológico específico	19
6.2.1 Recopilación de información de la biodiversidad del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP)	19
6.2.2 Determinación del grado de intervención y de impacto ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y su relación con la perturbación en la Biodiversidad.	22
6.2.3 Desarrollo del Sistema de Información Geográfica S.I.G	29

7. RESULTADOS	30
7.1 Identificación de impactos ambientales en el Parque Natural Municipal de Pitalito.	30
7.2 SIG integrado al Software ESRI ArcGIS	34
7.3 SIG integrado al Software Google Earth	47
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
8.1 Evaluación de las tasas de deforestación	53
8.2 Efectos de la Deforestación – Fragmentación sobre la biodiversidad	54
8.3 Mapas temáticos obtenidos	58
8.4. Difusión del SIG	59
9. CONCLUSIONES	61
10. BIBLIOGRAFIA	63

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Definiciones de un SIG y los grupos de quiénes lo encuentran útil	9
Tabla 2. Mapas temáticos obtenidos	34
Tabla 3. Áreas de Bosque 1989 - 2002. Cuenca Río Guachicos (adaptado del POMCH del Río Guachicos. 2007)	53
Tabla 4. Distribución de predios por veredas del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) según IGAC (1992)	58
Tabla 5. Distribución de predios por veredas del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) según su Plan de Manejo Ambiental PMA (2006)	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Capas temáticas de un SIG	11
Figura 2. El análisis y modelado espacial en la estructura de un SIG	14
Figuras 3 y 4. Distribución Espacial del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y Localización General.	17
Figura 5. Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito.	18
Figura 6. Sitios de verificación en campo PNMP	20
Figura 7. Modelo orientado a objetos del PNMP	28
Figura 8. Model Maker para generación del DEM, TIN y Sombras para el PNMP.	26
Figura 9. Modelo utilizado para la zonificación ambiental del PNMP.	28
Figura 10. Modelo sombras aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito.	35
Figura 11. Modelo TIN aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito	36
Figura 12. Modelo DEM aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito	37
Figura 13. Hidrografía del PNMP	38
Figura 14. Suelos del PNMP	39
Figura 15. División Predial del PNMP	40
Figura 16. Aptitud del Suelo del PNMP	41
Figura 17. Amenazas del PNMP	42
Figura 18. Rutas según poligrafía social del PNMP	43
Figura 19. Zonificación Ambiental del PNMP	44
Figura 20. Cobertura año 2000 del PNMP	45
Figura 21. Cobertura año 2009 del PNMP	46
Figuras 22 y 23. Límites del Parque Natural Municipal de Pitalito	47
Figuras 24 y 25. Capa Base Geográfica	47
Figuras 26 y 27. Capas “Ruta Estación Cerro” y “Sendero CAM”	48
Figuras 28 y 29. Fotografía Ruta Sendero CAM y Video Ruta Estación Cerro	48
Figuras 30 y 31. Avifauna Vereda El Pensil	49
Figuras 32 y 33. Avifauna Vereda La Esperanza	49
Figuras 34 y 35. Ruta oso de anteojos y video rastros oso	50
Figuras 36 y 37. Ruta danta de montaña	50
Figuras 38 y 39. Cabaña PNMP	51
Figuras 40 y 41. Cobertura año 2000 y Cobertura año 2009	51

Figura 42. Perfil de elevación PNMP	52
Figura 43. Pérdida de cobertura boscosa 1989 - 2002. Cuenca Río Guachicos	53
Figura 44. Pérdida de cobertura boscosa 2000 – 2009 del PNMP	54
Figuras 45 y 46. Distribución actual y potencial del <i>Tremarctos ornatos</i> (oso andino) y <i>Tapirus pinchaque</i> (danta de Montaña)	55
Figura 47. Modelo de accesibilidad a las áreas de distribución actual y potencial del <i>Tremarctos ornatos</i> (oso andino) y <i>Tapirus pinchaque</i> (danta de Montaña)	55
Figuras 48 y 49. Caracterización de avifauna en el Parque Natural Municipal de Pitalito	57
Figuras 50 y 51. Enlace web del SIG integrado al Software Google Earth	60

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imágenes 1 y 2. Miembros de la Corporación Mashiramo participantes de la verificación en campo por la ruta “Sendero CAM”.	21
Imagen 3. Vista desde la Estación Cerro en el Parque Natural Municipal de Pitalito.	21
Imagen 4. Panorámica de la cuenca del Río Guachicos desde la Estación Cerro.	22
Imagen 5. Presencia de áreas cultivadas en zonas de bosque nativo.	30
Imágenes 6 y 7. Zonas de bosque intervenidas por la presencia de viviendas.	30
Imágenes 8 y 9. Presencia de zonas de riesgo por amenaza a deslizamientos y procesos de remoción en masa.	31
Imagen 10. Presencia de viviendas a orillas del río Guachicos	31
Imagen 11. Material de Playa listo para ser extraído.	32
Imagen 12. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP. Vereda El Cedro.	32
Imagen 13. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP en la Vereda El Cedro según imagen satelital.	32
Imagen 14. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP Vereda El Pencil	32
Imagen15. Integración de líderes comunitarios, ediles y presidentes de JAC's en el Corregimiento de Bruselas, Municipio de Pitalito.	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Integración del SIG al software ESRI ArcGIS	71
Anexo 2. Integración del SIG al software Google Earth	90

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitiera la organización de la información espacial de manera sistemática y coherente en una base de datos digital, de fácil acceso y actualización permanente; representando espacialmente los grados de afectación y de impacto ambiental y determinando las áreas de mayor riesgo y vulnerabilidad para la biodiversidad amenazada y endémica del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP), con el propósito de implementar acciones que permitan el ordenamiento y la planificación de los recursos naturales y la biodiversidad.

En la metodología se presenta cada una de las etapas de desarrollo por cada objetivo planteado, iniciando por la fase de depuración, organización y clasificación de la información recolectada para la generación de la base de datos del SIG, luego los métodos de análisis y clasificación de la información. Posteriormente la etapa de evaluación de las tasas de deforestación y su relación con la biodiversidad y por último la etapa de finalización del SIG y su fácil accesibilidad de manera virtual a través de internet.

A través de poligrafía social y estudios previos realizados en la zona, se representaron espacialmente las áreas de mayor amenaza y riesgo para la biodiversidad, considerando grupos focales como *Tapirus pinchaque* (danta de montaña) y *Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), siendo esta última la especie más amenazada, debido a que se distribuye en las zonas de mayor accesibilidad del PNMP, en rangos oscilan desde 450 hasta 4500 m.s.n.m. También se representaron espacialmente caracterizaciones de avifauna realizadas en el Parque Natural Municipal de Pitalito.

En el proceso participaron personas tanto de grupos ecológicos regionales de la red de reservas de la Sociedad Civil, y la comunidad en general, lo que permitió el intercambio de conocimientos, sensibilización con el tema biodiversidad y el alcance de los objetivos planteados en el proyecto.

Palabras claves: S.I.G, biodiversidad, especies focales, Parque Natural Municipal de Pitalito.

SUMMARY

This study was conducted to develop a Geographic Information System (GIS) to enable the organization of spatial information systematically and consistently in a digital database, easy access and updating; spatially representing the degrees of involvement and environmental impact and determining the areas of greatest risk and vulnerability to threatened and endemic biodiversity of the Municipal Natural Park Pitalito (PNMP), in order to implement actions for the organization and planning of natural resources and biodiversity .

The methodology presented each of the stages of development for each objective proposed, starting with the debugging phase, organization and classification of the information collected to generate the GIS database, then the methods of analysis and classification of the information. Then the evaluation stage of deforestation rates and their relation to biodiversity and finally the stage of completion of GIS and its easy accessibility from virtually via the Internet.

Through social polygraph and previous studies in the area, were spatially represented the areas of greatest threat and risk to biodiversity, considering focus groups as *Tapirus pinchaque* (mountain tapir) and *Tremarctos ornatus* (spectacled bear), the latter being the most endangered species because it is distributed in the areas of greatest accessibility PNMP, at elevations ranging from 450 to 4500 m. Also were spatially represented characterizations birds made in the Municipal Natural Park Pitalito.

The process involved people from both groups of regional ecological reserve network of civil society and the wider community, enabling the exchange of knowledge, biodiversity awareness to the subject and scope of the goals outlined in the project.

Keywords: GIS, biodiversity, focal species, Pitalito Municipal Natural Park.

INTRODUCCIÓN

El cambio en el paisaje establece diferentes condiciones que afecta las interacciones de las especies autóctonas, generando problemas que pueden culminar con la reducción o extinción de poblaciones locales. Cuando un área natural, como un bosque, es modificado por el hombre se puede producir una fragmentación del hábitat, una perforación o una fragmentación interna; cada una de ellas ocasiona diferentes circunstancias que atentan contra la persistencia de la biodiversidad (Gutzwiller, 2002; Knight y Landres, 2002). En el caso de la fragmentación, un área boscosa natural extensa por efectos de la deforestación intensiva, tala selectiva y similares, forman estructuras homogéneas, aisladas y representativas de un tipo de hábitat, llamados parches, los cuales se encuentran embebidos en una matriz antropogénica que pueden ser generalmente construcciones, potreros o cultivos (Kotliar et al., 1990; Freemark, et al., 2002).

A través del tiempo el hombre ha modificado gran parte de los ecosistemas, ocasionando un cambio en los paisajes originales, afectando significativamente la biodiversidad natural y Colombia no es la excepción (Tilman et al., 2001). Actualmente se presentan serios problemas de degradación de los ecosistemas, tal es el caso de la zona andina, donde se mantienen solamente entre el 18 y el 25% de los bosques originales, situación que es preocupante ya que es una área reconocida como de gran prioridad de conservación debido a los altos niveles de diversidad y endemismo que presenta (Geist y Lambin, 2002).

Existen diversas tecnologías que permiten evaluar los impactos de ciertas variables sobre los recursos naturales y la biodiversidad. Es el caso de la tecnología que ofrecen los sistemas de información geográfica (SIG), la cual constituye una herramienta adecuada para el análisis de los patrones espaciales y temporales de deforestación y fragmentación. La información derivada de mapas digitales y/o imágenes satelitales sirve para evaluar el impacto de la deforestación y la fragmentación en diversos procesos ecológicos, así como generar modelos que permitan extrapolar la información biológica obtenida a distintas escalas espaciales (Chuvieco, 2002).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La deforestación es el factor de mayor incidencia en la destrucción de áreas extensas de bosques naturales. Los bosques tropicales son continuamente invadidos por la expansión de las poblaciones humanas para vivienda o para su uso agrícola (Hallingbäck & Hodgetts, 1996).

En Colombia, la fragmentación y la destrucción de los ecosistemas ha alcanzado niveles preocupantes y en algunos casos se está llegando al punto de “no retorno” a las condiciones originales, por ejemplo, en el Chocó biogeográfico y en los ramales andinos (Rangel, 2004). El fenómeno se evidencia de manera especial en el sistema cordillerano o andino en sentido amplio, principalmente en las regiones de vida andina y subandina con severos grados de afectación cada vez más intensos que exponen a un número creciente e indeterminado de especies a impactos que pueden ocasionar su desaparición (Linares & Uribe, 2002). Con la fragmentación de las áreas de distribución de las especies se alteran procesos vitales, en particular, los relacionados con la reproducción con lo cual se disminuye la capacidad de perpetuación de las especies (Rangel, 2000b).

El 31.3% del Departamento del Huila está cubierto por bosques naturales, pero sólo 19.4 % se encuentra conformando áreas de vegetación continua de gran tamaño que se ubican hacia el oeste, sur y este. El 11.9 % de bosques restantes se encuentran en paisajes transformados en forma de fragmentos de distinto tamaño. Considerando los cambios en cobertura que ocurrieron en los últimos seis años, la deforestación sobre áreas de bosque continuo, ubicadas en las partes altas de las Cordilleras Central y Oriental, se está dando a un ritmo de 6.000 Ha/año. Además, se pierden más de 4.000 Ha./año en fragmentos de bosque inmersos en áreas transformadas. (Wyngaarden, et al., 2007, citado por PGO, 2008)

El Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP no es la excepción, según su Plan de Manejo Ambiental, se evidencian problemas relacionados con la deforestación de especies nativas, sin que a la fecha se tenga conocimiento de la magnitud de tales acciones. (PMA, 2006).

Conforme a la problemática presentada, surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué impactos ambientales se presentan en el Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y que relación tienen con la perturbación de la biodiversidad?

¿A partir de los resultados obtenidos se puede diseñar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que sirva como herramienta de gestión y planificación ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que represente grados de afectación y de impacto ambiental sobre la biodiversidad del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y que sirva en un futuro como herramienta para su ordenamiento y planificación.

3. 2 Objetivos Específicos

- Recopilar información de la biodiversidad del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP).
- Determinar el grado de intervención y de impacto ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y su relación con la perturbación en la Biodiversidad.
- Implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita manejar, organizar, procesar y actualizar la información correspondiente a la biodiversidad del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP).

4. JUSTIFICACIÓN

Los bosques de la cuenca alta del Río Magdalena conforman uno de los remanentes más importantes de la Cordillera Oriental, en virtud de su buen estado de conservación y notable extensión, de acuerdo con los mapas de ecosistemas más recientes elaborados (Fandiño y Wyngaarden 2005). Regionalmente el corredor biológico PPN Puracé- PNN Cueva de Los Guacharos en el cual está inmerso el Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP), parte de una franja continua de bosques y de páramos distribuidos entre el borde oriental del Macizo Colombiano, los cuales están siendo seriamente amenazados y se han visto reducido en los últimos años (PGOF, 2008).

Por su ubicación y sus características fisiogeográficas, el Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) presenta una gran diversidad de ecosistemas que ofrecen un sin número de servicios, productos y funciones entre las cuales se destaca la protección y conservación de la microcuenca del Río Guachicos, fuente abastecedora del acueducto del Municipio de Pitalito y del Corregimiento de Bruselas, oferta de hábitats y refugios de fauna y flora, estabilización de taludes y pendientes, contribución al ciclo hidrológico, oferta de materia prima, entre otras. (PMA, 2006).

Además, el área del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP es considerada de gran interés ecológico, debido a que hace parte del corredor biológico y sirve de hábitat a especies amenazadas como el *Tremarctos ornatus* (oso andino) y *Tapirus pinchaque* (danta de montaña). (PMA, 2008)

Según información procedente de campesinos de la zona, en el Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) se han presentado avistamientos de la especie *Tremarctos Ornatus* (oso andino), así como daños causados en cultivos de maíz, razón por la cual la consideran como una amenaza en la zona.

Este trabajo de grado contribuye en gran medida a la generación de herramientas para la protección y conservación de la biodiversidad y los recursos naturales en el Parque Natural Municipal de Pitalito y sus áreas de influencia.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ANTECEDENTES

En México se han realizado diversos estudios de aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la conservación de la biodiversidad. Estudios como los de Cayuela (2006) “Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México”, destacan la utilización de un SIG para la evaluación de los efectos sobre la diversidad de árboles, concluyendo que entre los tipos de bosque, la reducción más importante se produjo en el bosque de niebla, pasando de casi el 20% del área de estudio en 1975 a apenas un 2% en el año 2000.

En España, se han realizado múltiples estudios, entre ellos el de Muñoz (2011), “Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para el estudio de la Biodiversidad de Coleópteros del Parque Natural del Monsteny, Barcelona, como indicadores del estado de los bosques” en donde a partir de los resultados obtenidos, concluyen que las parcelas y por tanto sus hábitats asociados que presentan un mejor estado de conservación corresponden a Bac de Can Coll, Vimeners y Romualdo.

En Costa Rica, estudios como los de Rodríguez (2006), “Efecto de la fragmentación del hábitat en la estructura poblacional del mono congo (*Alouatta palliata*) y del mono carablanca (*Cebus capucinus*) en el Refugio de Vida Silvestre Privado Nogal, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica” concluyen que dichas especies a pesar de la capacidad de sobrevivir en fragmentos de bosque, la supervivencia de poblaciones más pequeñas puede estar en riesgo.

Para el caso de Colombia se han desarrollado múltiples estudios, entre los que se destacan:

Echeverry (2006), en el estudio “Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el Municipio de Pereira, Risaralda Colombia” en donde se destaca la generación del Sistema de Información Geográfica, para el análisis objetivo del paisaje, la identificación de áreas prioritarias para la conservación y la restauración de hábitat natural.

Flórez (2006), con el estudio “Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la distribución espacial de *Basileuterus rufifrons* y *b. fulvicauda* (Passeriformes, Parulidae) en la cuenca del Río Coello, Departamento del Tolima”, en donde se concluye que los SIG constituyen una herramienta versátil con aplicaciones como lo son la predicción de posibles zonas de

distribución espacial de especies, gestión ambiental para el ordenamiento del territorio y la conservación de ecosistemas, identificación de áreas potencialmente adecuadas para una especie, entre otras. Los resultados de este estudio lograron predecir el área de hábitat potencial de las especies sobre el área de la cuenca del río Coello.

Restrepo y Romero (2008), con el estudio “Distribución y modelación de hábitat de oso andino y danta de montaña en el Macizo Colombiano” que hace parte del proyecto “Conservación de los Páramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano” – Biomacizo, Parques Nacionales Naturales de Colombia; concluyen que el hábitat disponible para las dos especies se localiza en zonas de muy baja a baja accesibilidad, en las áreas protegidas que incluye el proyecto Biomacizo, y el Corredor Biológico Parque Nacionales Naturales Puracé–Cueva de los Guácharos.

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 SIG

De acuerdo con Longley, et al., (2005), existen diversas definiciones de un Sistema de Información Geográfica SIG, dependiendo el tipo de usuario.

Tabla 1. Definiciones de un SIG y los grupos de quiénes lo encuentran útil

DEFINICIÓN	GRUPO DE USUARIO
Un contenedor de mapas en formato digital	Público en general
Una herramienta computarizada para resolver problemas geográficos	Tomadores de decisión, grupos de la comunidad, planificadores
Un sistema de soporte para decisión espacial	científicos de la gestión, investigadores de operaciones
Un inventario mecanizado de servicios distribuidos geográficamente	Administradores de servicios, oficiales de transporte, administradores de recursos
Una herramienta para revelar lo que de otro modo es invisible en la información geográfica	Científicos, investigadores
Una herramienta para ejecutar operaciones ,sobre datos geográficos, que son muy tediosas, costosas e inexactos, si se realizan manualmente	Ordenadores y administradores de recursos

Tomado de: Pérez, 2010

Los Sistemas de información geográfica (Geographical Information System GIS), son una serie mapas en formato digital sobre la misma porción del territorio, con un sistema referencia común y organizado de manera que posibilite la integración /

interacción información contenida en los mismos y la consecución de unos determinados objetivos. (Bosque, J. 1992, citado por Pérez, 2010).

Según Pérez, U. (2010), un SIG es un conjunto integrado de métodos, herramientas y actividades que actúan de manera coordinada para recolectar, evaluar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar y analizar datos geográficos con el fin de obtener información que satisfaga los requerimientos planteados por los usuarios para la toma de decisiones.

Existen otras definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad.

Dentro de las limitaciones de los sistemas de información geográfica y a pesar que han experimentado un gran auge en las últimas décadas y su grado de madurez alcanzado, actualmente todavía carecen de buenas herramientas para la visualización en 3D de forma interactiva con una calidad y realismo adecuados. El tiempo de respuesta, la velocidad de refresco de la pantalla al desplazarse por un área geográfica extensa y la calidad de la visualización no son tan buenos como sería deseable, sobre todo a medida que aumenta el volumen y detalle de los datos visualizados. Además, la vista de los datos tradicionalmente se realiza mediante una vista 2D en planta. (Taibo, 2009)

Una forma más general de definir los SIG es la que considera la disposición, en capas (Figura 1), de sus conjuntos de datos geográficos. "Serie de mapas en formato digital sobre la misma porción del territorio con un sistema de referencia común y organizado de manera que posibilite la integración / interacción de la información contenida en los mismos y la consecución de unos determinados objetivos. (Adaptado de Bosque, 1992, citado por Pérez, 2008).

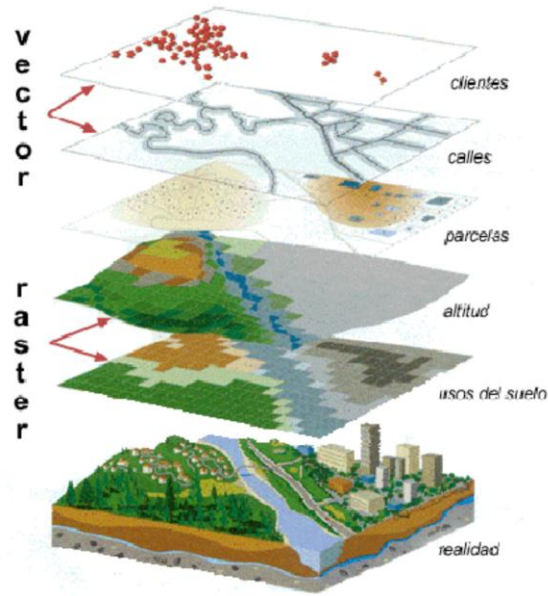


Figura 1. Capas temáticas de un SIG (ESRI). Pérez, U. 2008

A continuación se presentan algunos de los cuestionamientos que puede resolver un SIG

Localización

¿Qué está a.....? ..
 ¿Qué población fue afectada.....?
 ¿Qué tipos de árboles fueron talados por....?

Condición

¿Dónde está....? ¿Dónde sucede que...?
 ¿En qué tramos de la vía se ha generado impacto ambiental por su construcción?
 ¿En qué sitio hay una probabilidad de ocurrencia de impacto?

Tendencia

¿Qué ha cambiado?
 ¿Cuántas hectáreas de bosque se han talado entre 1990 y el 2000?
 ¿Cuál es el crecimiento poblacional de una región para los próximos 5 años?

Ruta

¿Cuál es la mejor vía?
 Diseño de rutas buscando el mínimo tiempo de desplazamiento (Entrega de correo, servicios de urgencia, servicios de transporte)
 Trazado de líneas de transporte de modo tal que maximice la población beneficiada.

Patrones

¿Cuál es el patrón?
 Comportamiento espacial de crecimiento de las ciudades.

Patrón de crecimiento de la frontera agrícola.

Modelamiento

Qué sí?

Simulación de la realidad

5.2.2 Componentes de un SIG

Básicamente un SIG tiene cinco componentes: equipos (*hardware*), programas, (*software*) datos, personas y/o usuarios (*liveware*) que deben estar articulados a una red (*network*) y considerados dentro de un esquema organizacional para poder obtener un funcionamiento óptimo del SIG. (Pérez, U. 2008)

5.2.3 Ventajas y Desventajas de un SIG

Los SIG computarizados no son la solución para todos los requerimientos de procesamiento de información georeferenciada, presentan algunas ventajas y desventajas, las cuales son enumeradas a continuación (Burrough, 1984 y Valenzuela, 1989, citado por Pérez, U. 2008)

Ventajas

- Los datos están físicamente almacenados en forma compacta, lo que permiten reducción de tiempo y de recursos en complejos procesos de análisis.
- El mantenimiento y la recuperación de datos pueden ser realizados a costos más bajos por unidad de datos tratado
- Los datos pueden ser recuperados más rápidamente
- Posibilidades de una gran variedad de modelamientos cartográficos, con una mínima inversión de tiempo y dinero.
- Datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional
- Los modelos conceptuales pueden ser probados (dentro del concepto espacial) rápidamente y repetidas veces, facilitando su evaluación
- Los análisis de cambios temporales pueden ser ejecutados eficientemente y la adquisición de datos, su almacenamiento, los análisis espaciales y los procesos de toma de decisiones son integrados en un contexto común de flujo de información

Desventajas

- Costos y problemas técnicos para convertir datos analógicos a un formato digital
- Necesidad de especialistas y de una continua actualización para mantener datos en formato digital, estos costos pueden ser justificados si el volumen de datos es grande.
- Falso sentimiento de una mayor confiabilidad y precisión.

- Carencias analíticas de los datos
- Alto costo en la adquisición de equipos y programas.

5.2.4 Aplicaciones de los SIG

Los SIG son un verdadero instrumento para la evaluación ambiental por las siguientes razones (Eedy, 1995; citado por Pérez, 2008):

- Alto costo en la adquisición de equipos y programas.
- Almacenan grandes conjuntos de datos multidisciplinarias.
- Identifica compleja interrelaciones entre características ambientales
- Evalúa cambios a través del tiempo.
- Puede sistemáticamente ser actualizado y utilizado por más de un proyecto.
- Sirve como un conjunto de datos para una variedad de modelos matemáticos.
- Almacena y manipula archivos 3D además de los 2D.
- Sirve a los intereses del público en general como también a técnicos analistas

En el campo ornitológico los SIG están siendo utilizados para visualizar los patrones geográficos generales y de registro histórico de investigaciones ornitológicas. Los especímenes georreferenciados son incluidos dentro de un SIG permitiendo asociar datos biológicos con información geográfica y ecológica disponible en formato digital; ofreciendo varias oportunidades para el entendimiento básico del fenómeno de distribución, particularmente con respecto a la predicción de la distribución geográfica (Navarro; Peterson y Gordillo, 2003; citados por González, 2004).

Entre sus múltiples aplicaciones también se encuentran la caracterización y predicción de hábitat potenciales (Shawn y Atkinson, 1991; citados por González, 2004) y los análisis de avistamientos y seguimientos con telemetría (Stoms, et al., 1993; citados por González, 2004).

5.2.5 Modelamiento Cartográfico mediante SIG

El modelado cartográfico consiste en la secuencia lógica e integración de capas temáticas, con el fin de buscar soluciones a problemas de carácter espacial. (Pérez, U. 2010)

Tipos de Modelos

- Factibilidad (Evaluación y clasificación basados en criterios definidos)
Ponderación de variables. Los resultados son derivados de la suma o el producto de los pesos
Criterio lógico / Establecer decisiones. Los resultados son derivados de una combinación lógica de datos de acuerdo a los criterios y reglas establecidas
- Predictivos (Resultado basado en la probabilidad de ocurrencia)

Deterministas o determinísticos. Los resultados son pronósticos simples derivados de ingresos exactos (The Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE)

Probabilísticos. Asumiendo que la hipótesis es verdadera los resultados son pronosticados basados en probabilidades estadísticas

- Simulación (Reproducción de un proceso bajo una variedad de condiciones)
- Optimización (Seleccionar de un número de alternativas la mejor solución)

Exacto. El resultado es una selección simple basada en los cálculos empleados

Heurístico. El resultado es la selección de la mejor alternativa tomando en cuenta todas las posibilidades

En la siguiente imagen se aprecia un esquema de modelaje espacial:

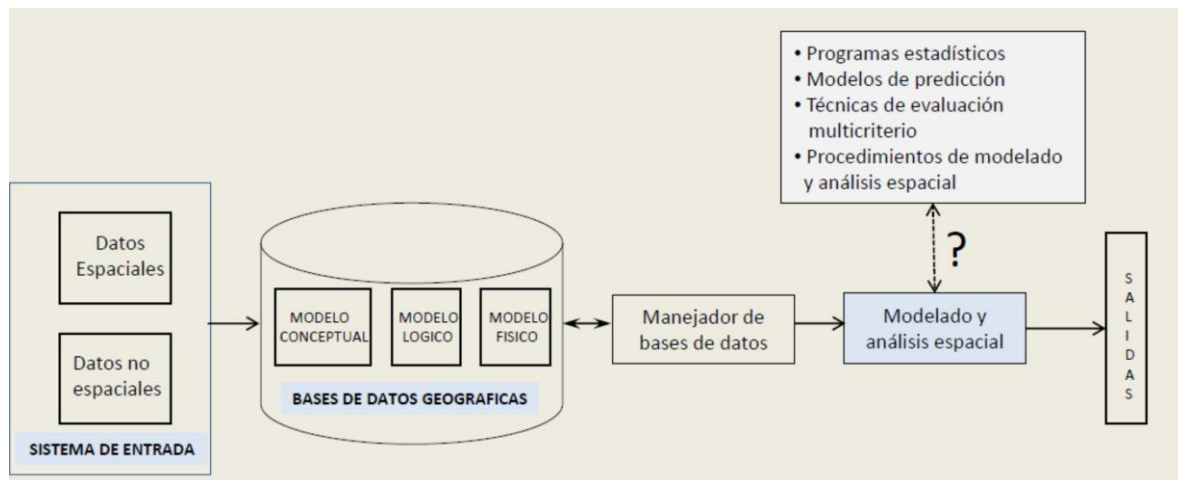


Figura 2: El análisis y modelado espacial en la estructura de un SIG (Adaptado de Barrero y Gómez, 2006; citado por: Pérez, U. 2010)

5.2.6 Evolución de los SIG

En los últimos años han surgido algunos productos comerciales que suponen grandes avances en este aspecto. Se pueden citar ejemplos como Google Earth, Microsoft Virtual Earth 3D, NASA WorldWind, TerrainViewGlobe de ViewTec, TerraExplorer de Skyline, ArcGIS Explorer o ArcGlobe de ESRI, MetaVR 3D Layering Control PluginforArcMap o Leica Virtual Explorer de Leica Geosystems. (Taibo, P. 2009)

Estos productos permiten navegar sobre una vista tridimensional del terreno con aspecto bastante realista. Sin embargo, dentro de los SIG utilizados habitualmente para el análisis y tratamiento de información geoespacial, todavía no está muy extendido su uso, y los sistemas disponibles de este tipo adolecen de muchas carencias y limitaciones en cuanto a la calidad de visualización y la agilidad de la navegación.

En el ámbito de la investigación, el ejemplo más notorio es VGIS (Virtual Geographic Information System), desarrollado en el Georgia Institute of Technology (Koller, 1995). Este sistema, cuyo desarrollo comenzó a finales de la década de los 90, es uno de los pioneros en la integración de los SIG con la visualización interactiva de terreno en 3D. (Taibo, P. 2009)

Estas nuevas herramientas son un punto de entrada sencillo y carente de barreras para el procesamiento y consulta de información geográfica por parte del gran público, que por el dinamismo y versatilidad incorporados en sus programas, hacen parecer estáticos y obsoletos a los principales proveedores de plataformas SIG comerciales. (Metternicht, G. 2006)

5.2.7 Biodiversidad

Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la variación dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas (IAvH 2000).

El conocimiento de la biodiversidad requiere considerar los diferentes niveles jerárquicos de organización de la vida (genes, especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas), junto con sus atributos de composición, estructura y funcionalidad. Su estudio puede abordarse a partir de tres grandes preguntas en cada uno de los niveles: ¿qué elementos la componen?, ¿cómo están organizados? y ¿cómo interactúan? (Noss, 1990)

5.2.8 Especies Focales

Este concepto surge en Australia como una respuesta para la protección de los ecosistemas nativos ante la gran rapidez con que la apertura de tierras de cultivo ocurre en ese país. Las especies focales se utilizan para definir distintos atributos espaciales y de composición que deben estar presentes en un paisaje, así como sus requerimientos adecuados de manejo, de tal forma que existirán muchas otras especies que deban permanecer dentro de estos límites y por lo tanto su protección se verá garantizada. (Lambeck, 1997, citado por: Martínez, 2007).

5.2.9 Deforestación y Fragmentación

La deforestación y la fragmentación de ecosistemas se han reconocido en muchos países como unas de las principales causas de pérdida de la biodiversidad y se ha alertado sobre las consecuencias que estos fenómenos pueden tener sobre el bienestar de la humanidad y la salud general del ambiente. En los países en vías de desarrollo, la deforestación se debe al cambio en el uso del suelo y la consiguiente transformación de bosques o selvas en zonas agrícolas o pecuarias,

como resultado de una presión demográfica sobre el uso de los recursos naturales y de un aprovechamiento inadecuado de la tierra (FAO, 1993).

La fragmentación de la vegetación tiene como consecuencia inmediata la reducción del hábitat para las especies, lo que puede ocasionar un proceso de defaunación o desaparición parcial o total de comunidades de algunos grupos como insectos, aves y mamíferos (Dirzo y García, 1992). Las relaciones bióticas y abióticas de las comunidades también se pueden alterar en función del tamaño y la forma de los fragmentos, ya que al modificarse la distribución espacial de los recursos también se modifica su disponibilidad. El grado de interrelación de los fragmentos determina entonces la viabilidad de estas especies en el mediano y largo plazos, ya que si ésta no existe pueden producirse procesos de aislamiento, favorecerse procesos endogámicos o bien llegar hasta la extinción local de algunas especies.

La deforestación, por tanto, puede ocasionar la extinción local o regional de las especies, la pérdida de recursos genéticos, el aumento en la ocurrencia de plagas, la disminución en la polinización de cultivos comerciales, la alteración de los procesos de formación y mantenimiento de los suelos (erosión), evitar la recarga de los acuíferos, alterar los ciclos biogeoquímicos, entre otros procesos de deterioro ambiental (FAO, 1993; Traniy Giles, 1999).

En síntesis, la deforestación es una causa de pérdida de la diversidad biológica a nivel genético, poblacional y ecosistémico.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Área de estudio

El Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) fue creado por el Concejo Municipal de Pitalito mediante el Acuerdo No. 022 del 2 de junio de 2005, declarando como tal un área de la microcuenca del Río Guachicos, estableciendo que el área declarada se constituirá por los predios adquiridos por el Municipio de Pitalito y los que se adquieran en adelante por parte del Estado y los predios de propiedad privada cuyos propietarios convengan en someterlos al régimen del parque, bajo la figura de reserva de la Sociedad Civil. (PUEAA, 2009)

Se encuentra localizado en el sistema montañoso andino del gran Macizo Colombiano, sobre la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, al suroeste del Departamento del Huila, dentro del cuadrángulo enmarcado por las coordenadas planas 750.300 – 759.900 metros Este y 676.300 – 684.500 metros Norte, con elevaciones que oscilan entre los 1.950 y 2.900 metros sobre el nivel del mar. (PMA, 2006)

En las siguientes imágenes se aprecia la distribución espacial y la localización general del PNMP.

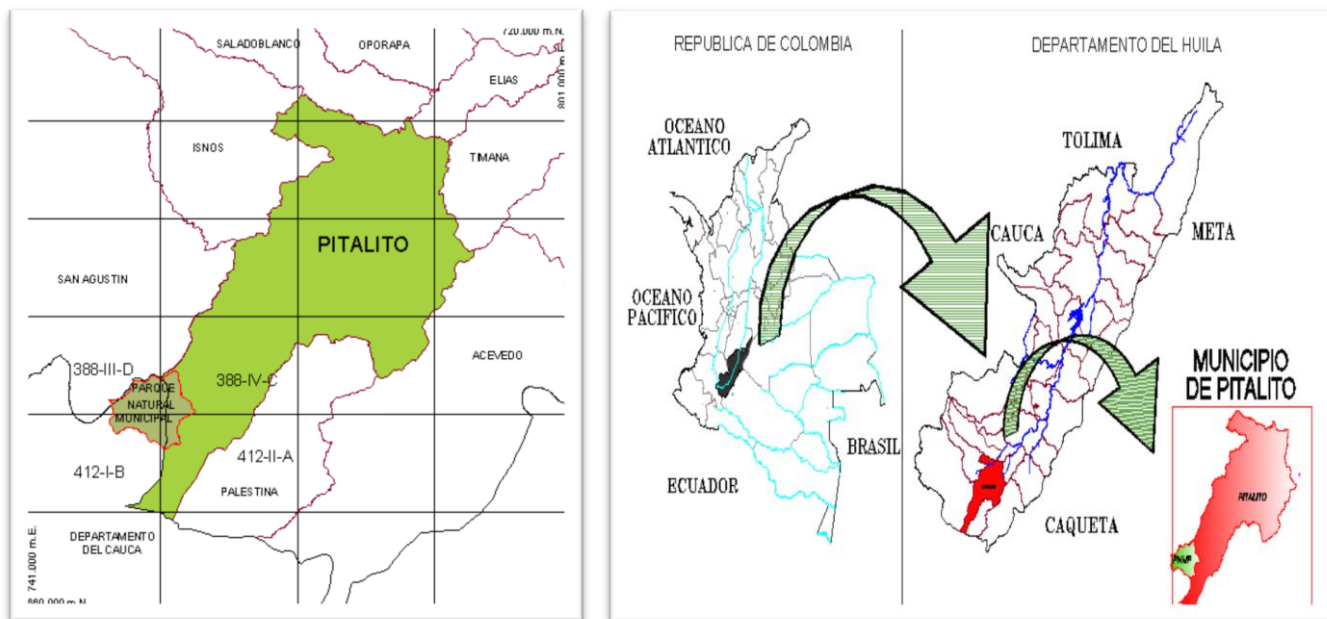


Figura 3 y 4. Distribución Espacial del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y Localización General. (PMA, 2006)

En la siguiente imagen se aprecia el mapa base general del Parque Natural Municipal de Pitalito:

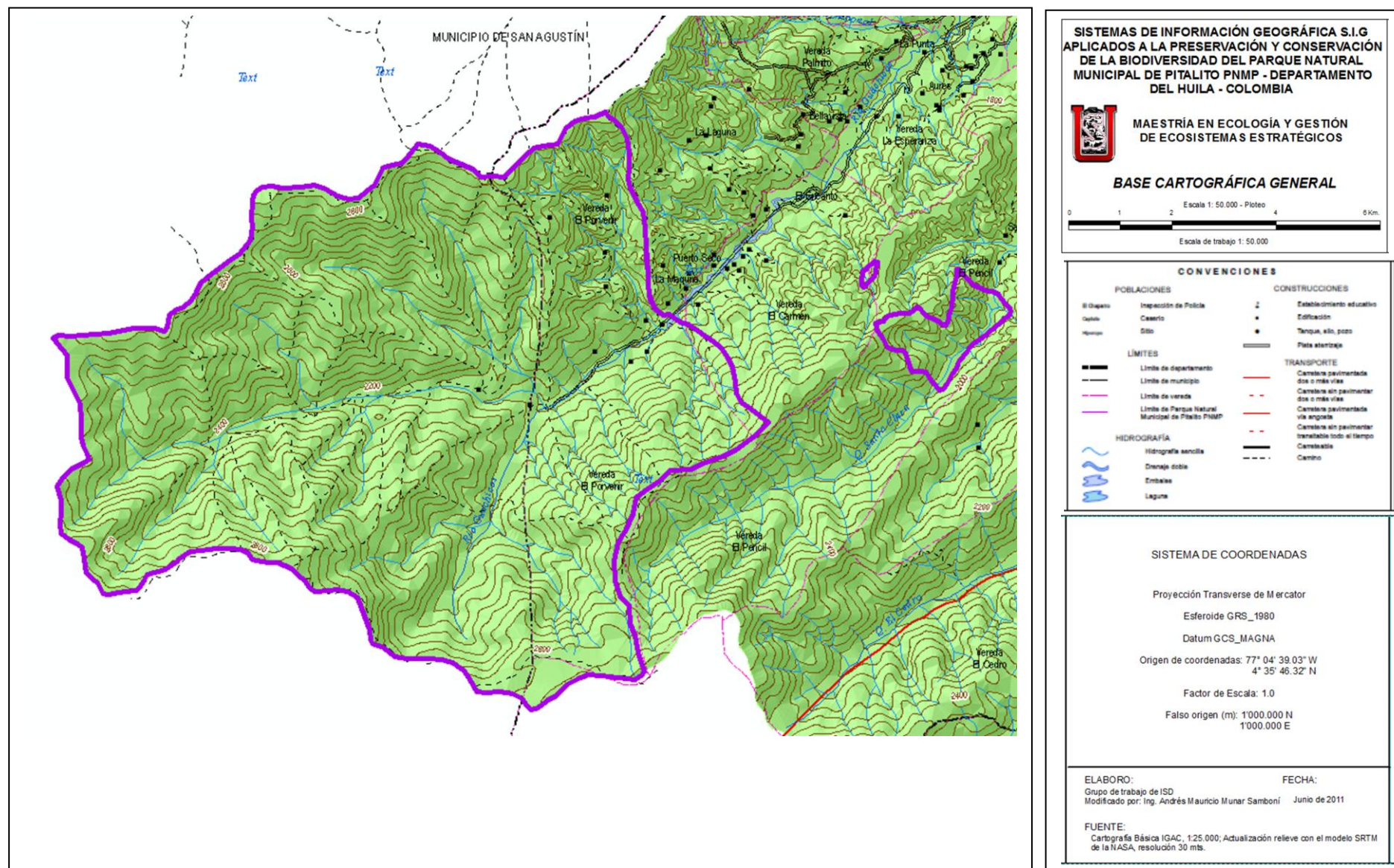


Figura 5. Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito. (Adaptada del POMCH del Río Guarapas, 2009).

6.2 Desarrollo metodológico específico

El desarrollo metodológico específico está constituido por tres fases: La primera consiste en la recopilación de información de la biodiversidad y la generación de la base de datos del SIG. En la fase dos se estableció el grado de intervención y de impacto ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y su relación con la perturbación en la Biodiversidad, y en la tercera y última fase se desarrolló el sistema de información geográfica (SIG) a partir de los resultados obtenidos.

6.2.1 Recopilación de información de la biodiversidad del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP)

Como centros de información, se contó con el Sistema de Información Ambiental – SIA de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, diversos documentos del centro de documentación de la CAM, archivos municipales, y en los levantamientos de información de campo con las diferentes comunidades.

- **Recopilación de la Información.**

La recopilación de información relacionada se realizó a diferentes niveles. En esta etapa se realizó la revisión de literatura del área de interés con relación al medio biológico y físico (geología, clima, suelos, vegetación/uso de la tierra), así como la consecución de cartografía base y temática. Como fuentes utilizadas se contó con la información cartográfica del Plan de Ordenamiento Territorial POT del Municipio de Pitalito, Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Guachicos y Guarapas, así como información catastral del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP).

En cuanto a información de la biodiversidad, se recopilamos estudios de caracterización de biodiversidad efectuados en la zona por la Corporación para el Monitoreo de la Biodiversidad del Sur Mashiramo, el Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFE y la Corporación Reverdecer Laboyano.

- **Etapas de Verificación en Campo**

Para esta etapa se seleccionamos dos sectores. El primero por la ruta del actual sendero de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) accediendo al Parque Natural Municipal de Pitalito por la Vereda El Pencil, del Corregimiento de Bruselas. El segundo sector por la ruta denominada “Estación Cerro”, accediendo por la vía nacional Pitalito – Mocoa y la base militar localizada en la zona limítrofe de los Departamentos del Huila y Cauca.

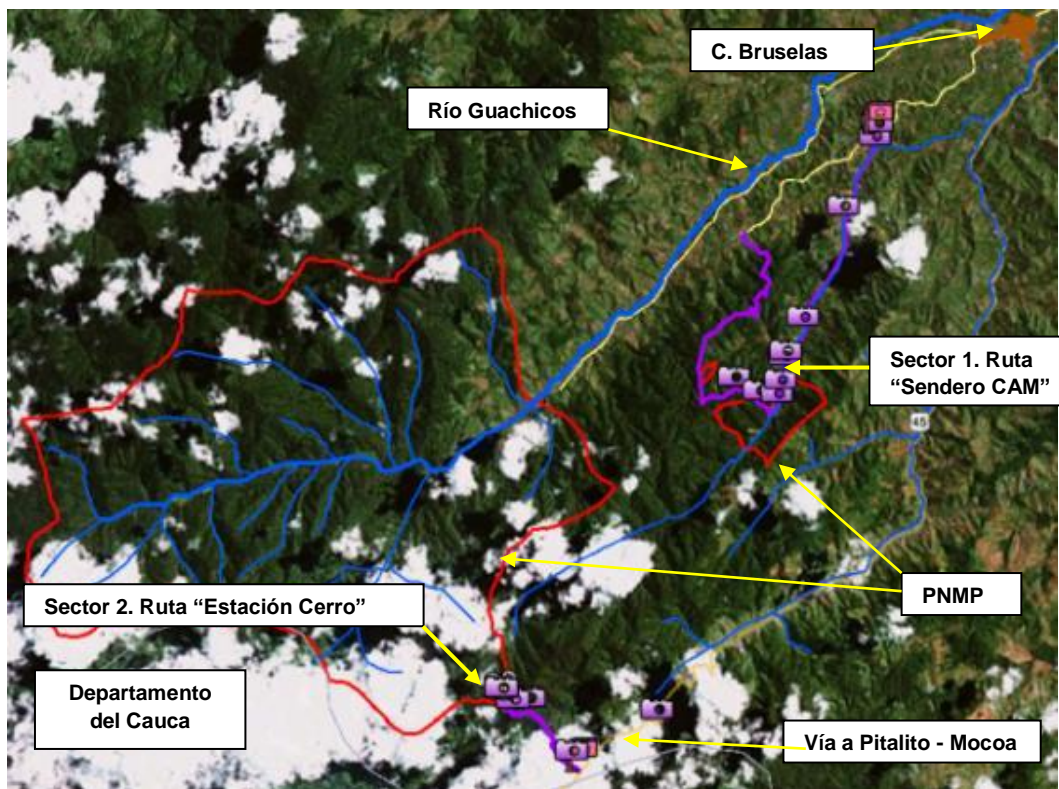


Figura 6. Sitios de verificación en campo. (Google Earth, 2011)

Definidas las unidades y los sitios específicos de interés, el trabajo de campo comprendió las siguientes actividades:

- Observaciones generales y detalladas del paisaje para la corroboración y ajuste de líneas de fotointerpretación y validación de la misma.
- Observaciones acerca de los usos del paisaje (actividades productivas y extractivas) y del grado de intervención y transformación de la cobertura vegetal original.
- Observaciones sobre los rasgos geomorfológicos y del relieve (tipo y grado de las pendientes, disección e incisión, rasgos erosivos, clase de laderas y configuración general del relieve).
- Observaciones acerca de la litología y los materiales parentales de los suelos.
- Como actividad complementaria se realizó la descripción general de la localización geográfica del sitio de trabajo, y toma datos de latitud y longitud para precisar su ubicación, mediante el uso de un receptor GPS.

• **Etapas de Validación de la Información**

Durante esta etapa se realizaron los ajustes necesarios a la interpretación inicial de acuerdo con la verificación y validación de campo y se elaboran las leyendas definitivas de los mapas temáticos.

En las siguientes imágenes se presentan evidencias de la fase de campo y validación de la información. Para el Sector 1 (ruta Sendero CAM), participaron miembros de la Corporación para el Monitoreo de la Biodiversidad del Sur Mashiramo, al igual que líderes comunitarios.



Imágenes 1 y 2. Miembros de la Corporación Mashiramo participantes de la verificación en campo por la ruta “Sendero CAM”. Abril de 2010

A continuación se presentan evidencias de la fase de campo, para el Sector 2 (ruta Estación Cerro) para su posterior validación de la información.

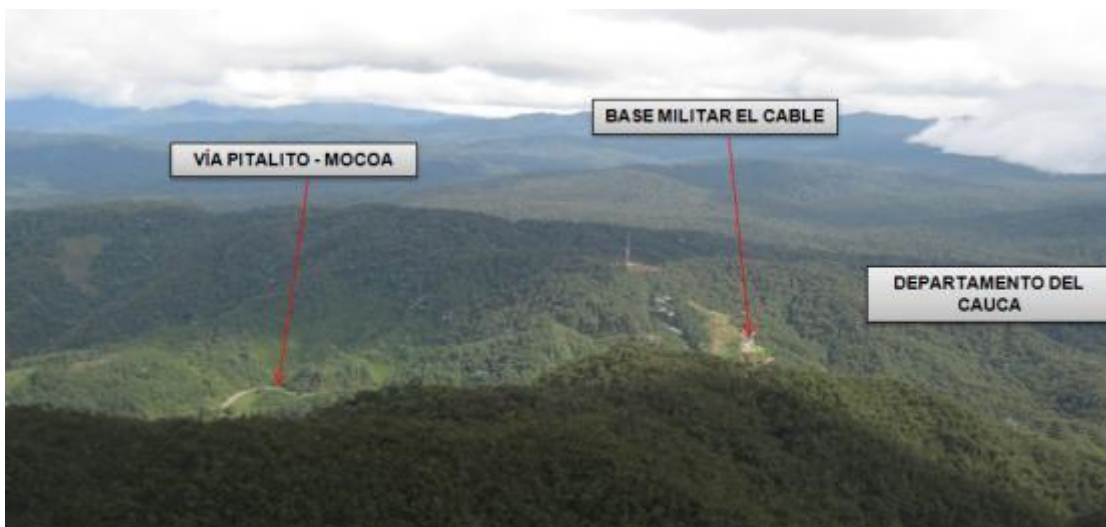


Imagen 3. Vista desde la Estación Cerro en el Parque Natural Municipal de Pitalito. Octubre de 2010.

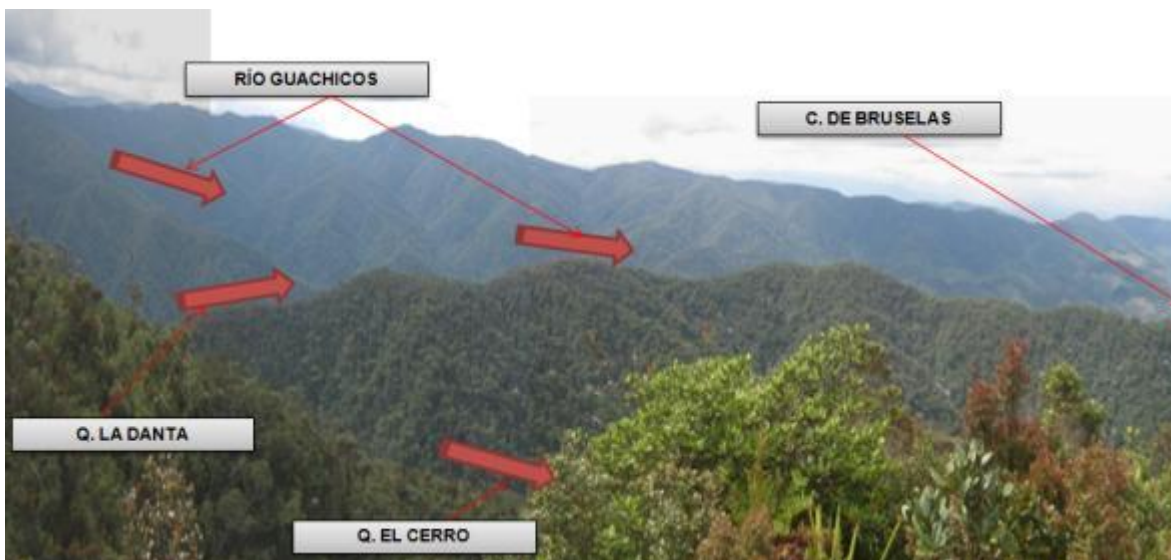


Imagen 4. Panorámica de la cuenca del Río Guachicos desde la Estación Cerro. Octubre de 2010.

- **Depuración, Organización y Clasificación de la Información.**

Para esta investigación se desarrolló una base de datos relacional en Access®, y su posterior vinculación a la herramienta ArcCatalog del Software ESRI ArcGIS 9.3. Dicha información recolectada, previo geoprocesamiento se integró al software Google Earth versión 6.1.0.5001.

- **Etapas de Oficina**

Esta etapa incluyó el desarrollo de las siguientes actividades:

- ✓ Revisión y organización la información colectada.
- ✓ Ordenación, almacenamiento, procesamiento de la información.
- ✓ Realización de ajustes necesarios a la interpretación inicial, de acuerdo con la verificación y validación de campo, y elaboración de las leyendas definitivas de los mapas temáticos.
- ✓ Sistematización de datos para el almacenamiento y manipulación de la información espacial, mediante el uso de herramientas especializadas para este fin.
- ✓ Georreferenciación y validación de los datos mediante receptores GPS.

6.2.2 Determinación del grado de intervención y de impacto ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) y su relación con la perturbación en la Biodiversidad.

La metodología en esta etapa tiene como objeto determinar las áreas de mayor o menor impacto ambiental generado por actividades naturales y antrópicas,

utilizando información relacionada con el medio natural y el estado actual del área de estudio, por medio de operaciones y procedimientos que permiten el conocimiento del territorio para el establecimiento de otras actividades, para posteriormente relacionarla con la perturbación a la biodiversidad.

Se realizó un modelado cartográfico utilizando la propuesta de evaluación de impactos desarrollado por la UPM (Universidad Politécnica de Madrid, 1997) y Montoya (2004).

Es de anotar que se contó con la información de la línea base del SIG del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guarapas, POMCH (2009).

La construcción de la base de datos geográfica (Geodatabase), permitió la unificación de la información espacial y alfanumérica que se generó para el PNMP, para un manejo adecuado de la información, los recursos técnicos y mejor evolución a las necesidades de los diferentes usuarios (internos y externos).

A continuación se hace una descripción general del modelo de datos desarrollado para el presente estudio.

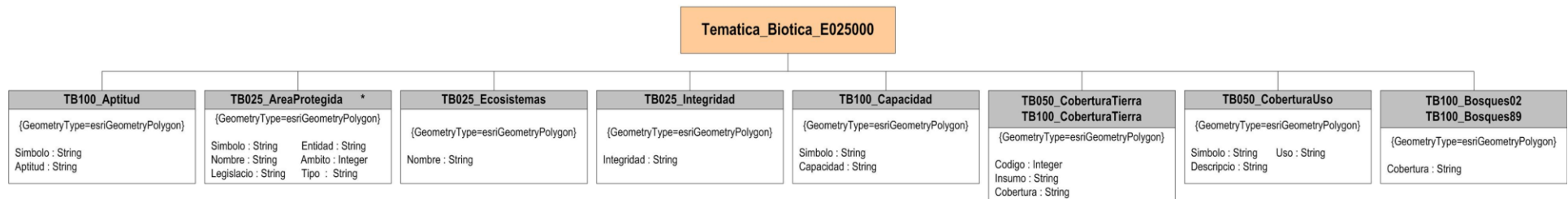
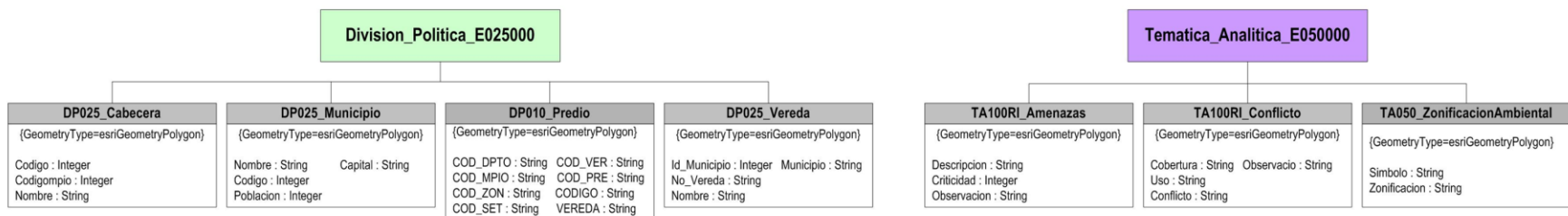
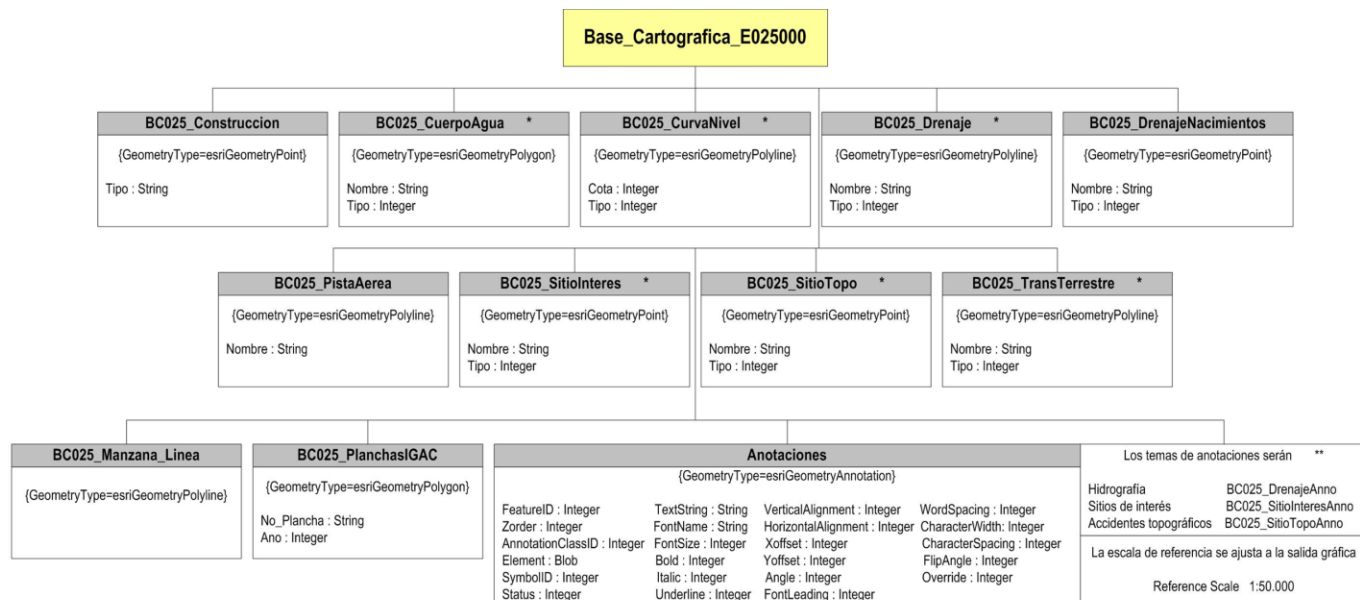
Para la escala de trabajo (1: 25.000), se definieron los siguientes temas (DataSet):

- Base cartográfica
- División política
- Temática física
- Temática cultural
- Temática analítica
- Temática biótica
- Temática económica

Para la estructuración, consolidación y repositorio de datos de la Geodatabase se tuvo en cuenta los siguientes modelos conceptuales: modelo orientado a objetos, diccionario de datos y modelo cartográfico, este último especialmente para la zonificación ambiental.

Modelo orientado a objetos

La fase de análisis determina lo que debe hacer la implementación y la fase de diseño del sistema. La fase de diseño de objetos determina las definiciones completas de las clases y asociaciones que se utilizaran en la implementación, así como las interfases utilizadas para implementar las operaciones. La fase de diseño de objetos añadirá objetos internos para la implementación y optimizara las estructuras de datos.



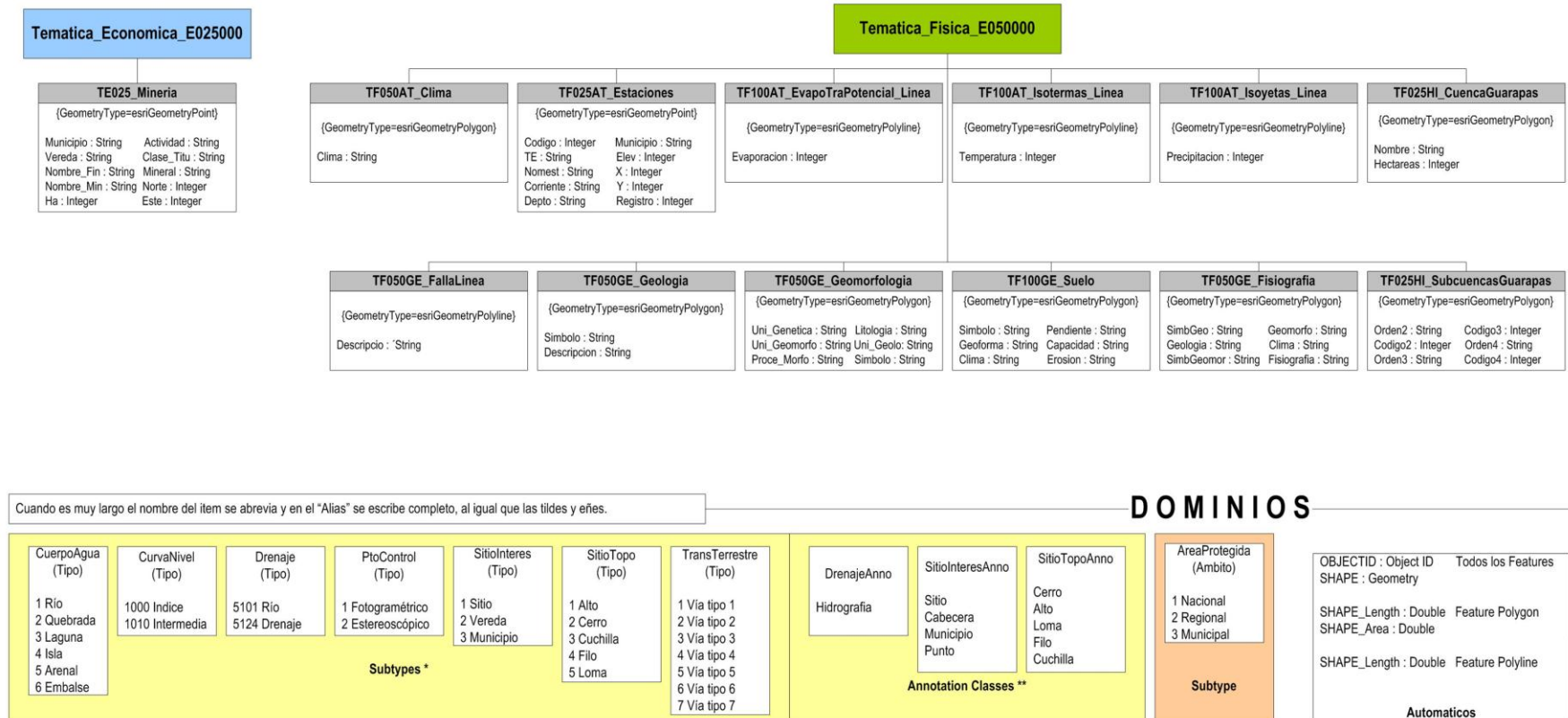


Figura 7. Modelo orientado a objetos del Parque Natural Municipal de Pitalito. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

Modelo cartográfico

Los modelos cartográficos implementados en el presente proyecto son: El modelo DEM – TIN – Sombras; y el modelo de Zonificación Ambiental.

Modelo DEM – TIN – Sombras

Teniendo como base la información básica de curvas de nivel y drenajes, se genero el DEM (Modelo digital de elevación), el TIN (Modelo de triángulos) y el modelo de sombras, adaptado de la cuenca hidrográfica del Río Guarapas, en el cual se encuentra inmerso el PNMP. Para esta actividad se generó un modelo en ArcToolbox (Model Maker).

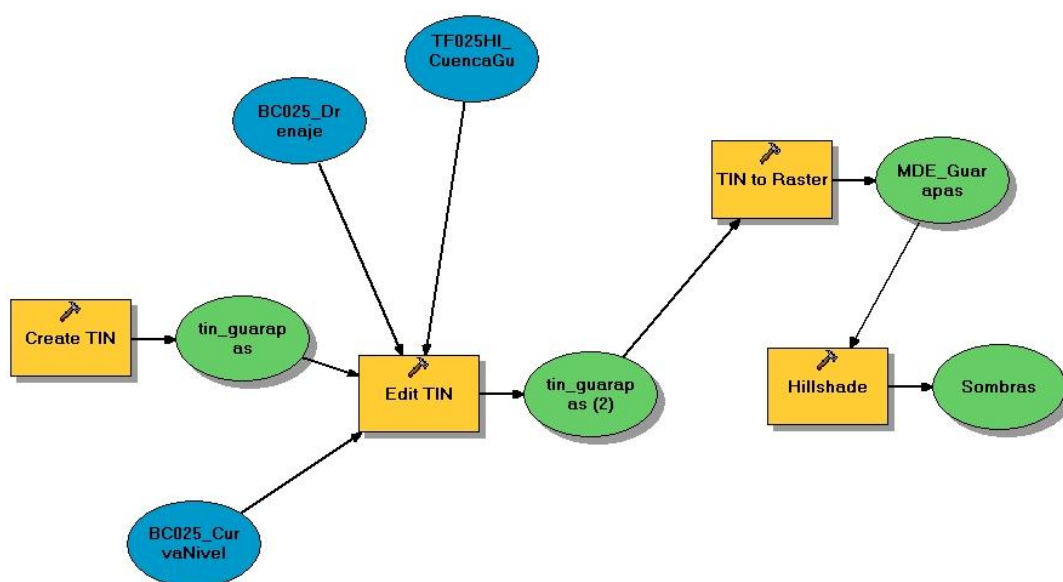


Figura 8. Model Maker para generación del DEM, TIN y Sombras para el PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

Modelo Zonificación Ambiental

Para la Zonificación Ambiental, con la cual se determinarán las áreas de mayor o menor impacto ambiental generado por actividades naturales y antrópicas, se tuvo en cuenta las siguientes variables temáticas:

- Aptitud (peso 100%)
- Áreas Protegidas (peso 100%)
- Zonas de bosque (peso 100%)

- Rondas hidráulicas (peso 100%)
- Zonas de protección, nacimientos de agua (peso 100%)
- Zona urbana (peso 100%)

Las anteriores variables fueron superpuestas cartográficamente, mediante un modelo (Model Maker) de ArcToolbox.

La generación de este mapa se realizó teniendo en cuenta la superposición (Unión) de las capas temáticas automáticamente, hasta tener el mapa intermedio llamado ZoniAmbiental.

En la siguiente figura se presenta el modelo utilizado.

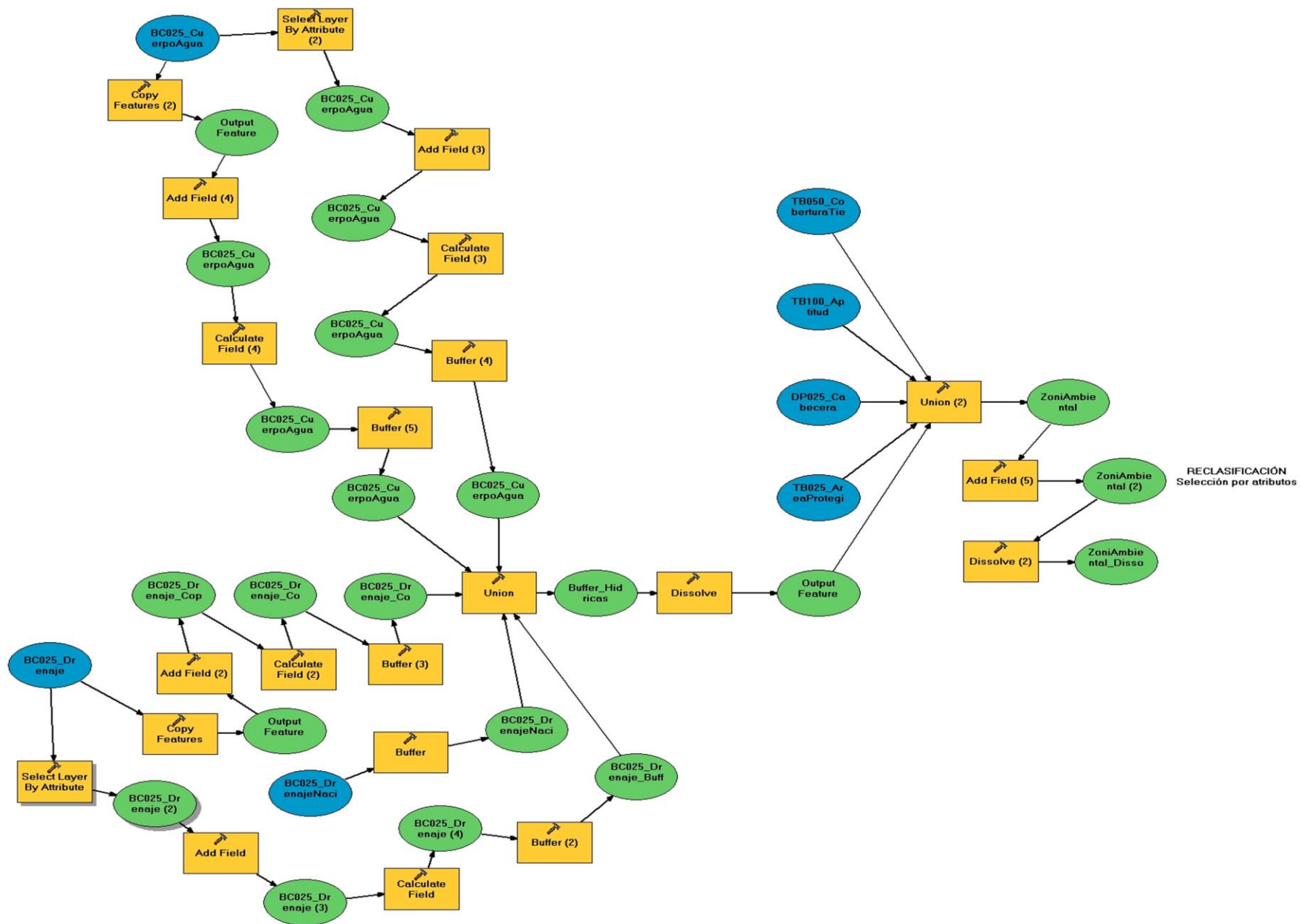


Figura 9. Modelo utilizado para la zonificación ambiental del PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

6.2.3 Desarrollo del Sistema de Información Geográfica S.I.G

Para esta parte etapa se contó con información cartográfica del Plan de Manejo Ambiental del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP (2009), así como con información proveniente de poligrafía social de la zona.

Durante el desarrollo de la investigación se hizo necesario implementar dos sistemas de información geográfica SIG. El primero se integró bajo la plataforma ESRI ArcGIS 9.3, y el segundo en Google Earth versión 6.1.0.5001. Esto debido a múltiples factores, entre ellos:

- La accesibilidad de los usuarios a la información
- El nivel de acercamiento con los SIG.
- Las ventajas que nos ofrecen una nueva serie de herramientas cartográficas online de bajo costo, como Google Earth y Google Maps, NASA WorldWind, YahooMaps, MapQuest, entre otros, los cuales tienen una masa de usuarios que sobrepasa en mucho a la que pueden tener las principales firmas de programas de SIG.

En la sección de anexos se presenta de manera detallada, la metodología utilizada para la integración de la base de datos del SIG al software ESRI ArcGIS 9.3, al igual que al software Google Earth versión 6.1.0.5001.

Una vez generada la base de datos del SIG con información georreferenciada y realizados los análisis enmarcados en cada una de las fases subsecuentes de la investigación, se puso en marcha del SIG y su divulgación a la comunidad y a las diferentes instituciones competentes.

En cuanto a la divulgación de la información y su fácil accesibilidad, se diseñó una plataforma interactiva de fácil acceso, a través de la página web institucional de la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito EMPITALITO ESP, en donde se puso a disposición el SIG y sus aplicaciones como herramienta de gestión y planificación ambiental enfocada hacia la preservación y conservación de la biodiversidad del PNMP

7. RESULTADOS

7.1 Identificación de impactos ambientales en el Parque Natural Municipal de Pitalito.

Para el Sector 1 (ruta Sendero CAM), los principales problemas evidenciados durante las jornadas de campo y considerando el enfoque comunitario de la investigación, se enfocan en:

- i. **Fragmentación de bosque nativo, por la expansión de la Frontera Agrícola.**



Imagen 5. Presencia de áreas cultivadas en zonas de bosque nativo. Abril de 2010

De acuerdo con Ojeda (2006), el área total de bosque fragmentado del país se calcula en 9'908.927 Ha, que corresponde a 8.6% del territorio nacional.

- i. **Presencia de viviendas en zonas vulnerables del PNMP**



Imágenes 6 y 7. Zonas de bosque intervenidas por la presencia de viviendas. Abril de 2010

i. Zonas de amenaza por deslizamientos y fenómenos de remoción en masa



Imágenes 8 y 9. Presencia de zonas de riesgo por amenaza a deslizamientos y procesos de remoción en masa. Abril de 2010

ii. Contaminación de fuentes hídricas por los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento.



Imagen 10. Presencia de viviendas a orillas del río Guachicos, las cuales vierten sus aguas residuales directamente sobre la fuente, sin ningún tipo de tratamiento. Abril de 2010

iii. Extracción de material de playa de la fuente hídrica



Imagen 11. Material de Playa listo para ser extraído. Abril de 2010

Para el Sector 2 (ruta Estación Cerro), se evidenciaron problemas relacionados con la deforestación en zonas de amortiguación del PNMP, tal como se presenta en las siguientes imágenes:



Imagen 12. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP. Vereda El Cedro. Octubre de 2010

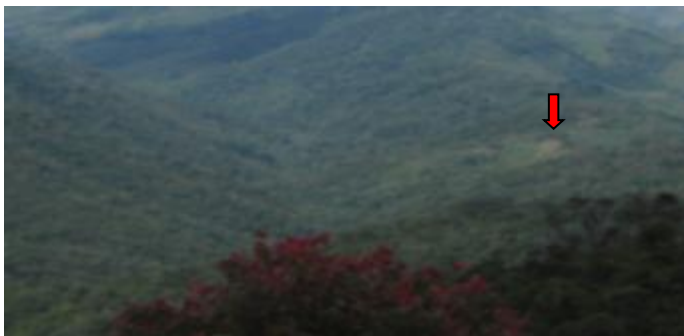


Imagen 14. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP vereda El Pencil. Octubre de 2010

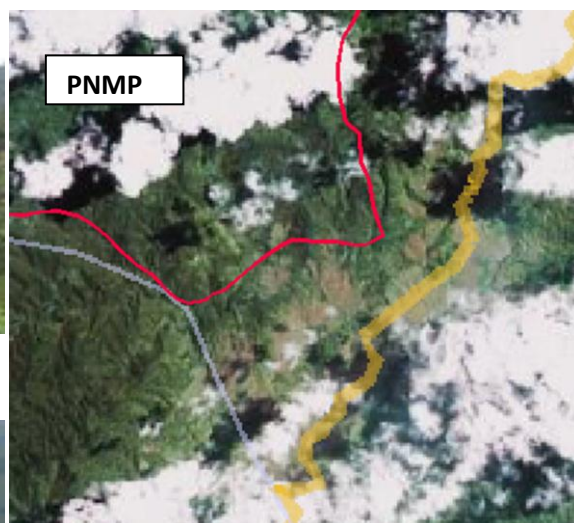


Imagen 13. Deforestación en zona de amortiguación del PNMP Vereda El Cedro según imagen satelital. Octubre de 2010. Adaptado de Google Earth

También se realizaron talleres de sensibilización ambiental con las comunidades adyacentes al Parque Natural Municipal de Pitalito.



Imagen 15. Integración de líderes comunitarios, ediles y presidentes de JAC's en el Corregimiento de Bruselas, Municipio de Pitalito. Noviembre de 2010

7.2 SIG integrado al Software ESRI ArcGIS

Se generaron una serie de mapas temáticos, a partir de la base de datos recopilada y validada previamente en campo.

A continuación se relacionan los mapas elaborados. La escala de trabajo corresponde a 1: 25.000 y la escala de ploteo a 1: 50.000

Tabla 2. Mapas temáticos obtenidos

Archivo	Descripción
01_BaseGeneral	Base cartográfica aplicando modelo sombras
02_BaseGeneral	Base cartográfica aplicando modelo TIN
03_BaseGeneral	Base cartográfica aplicando modelo DEM
04_Hidrografia	Hidrografía
05_Suelos	Suelos
06_Cobertura Año 2000	Coberturas de la Tierra
07_Cobertura Año 2009	Coberturas de la Tierra
08_División Predial	División predial del PNMP
09_Aptitud	Aptitud del Suelo
10_Conflictos	Conflictos y Rutas de Campo
11_ZonificacionAmbiental	Zonificación Ambiental

En las siguientes imágenes, se aprecian a manera detallada los mapas temáticos elaborados:

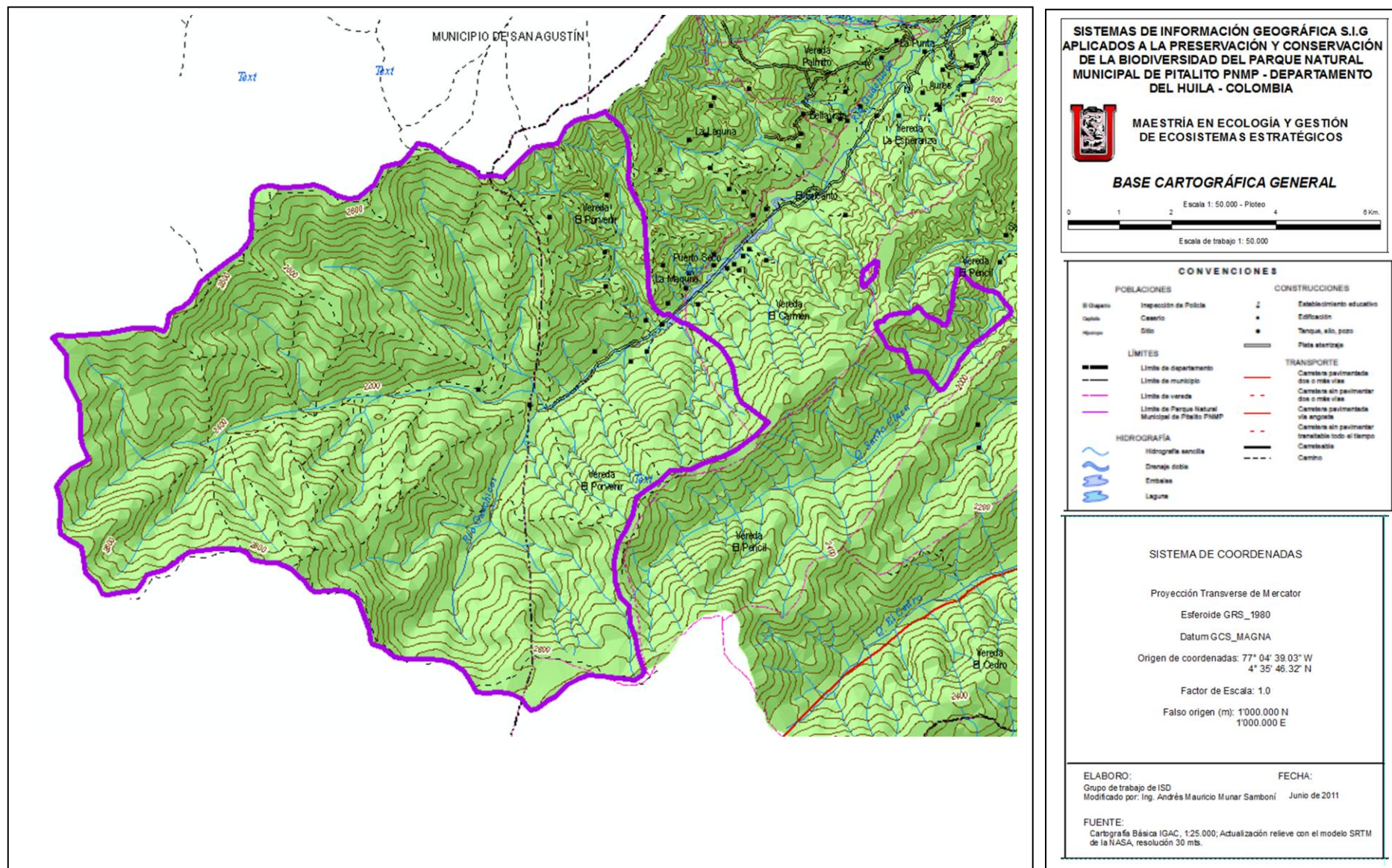


Figura 10. Modelo sombras aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito. (adaptado del POMCH del Río Guarapas, 2009).

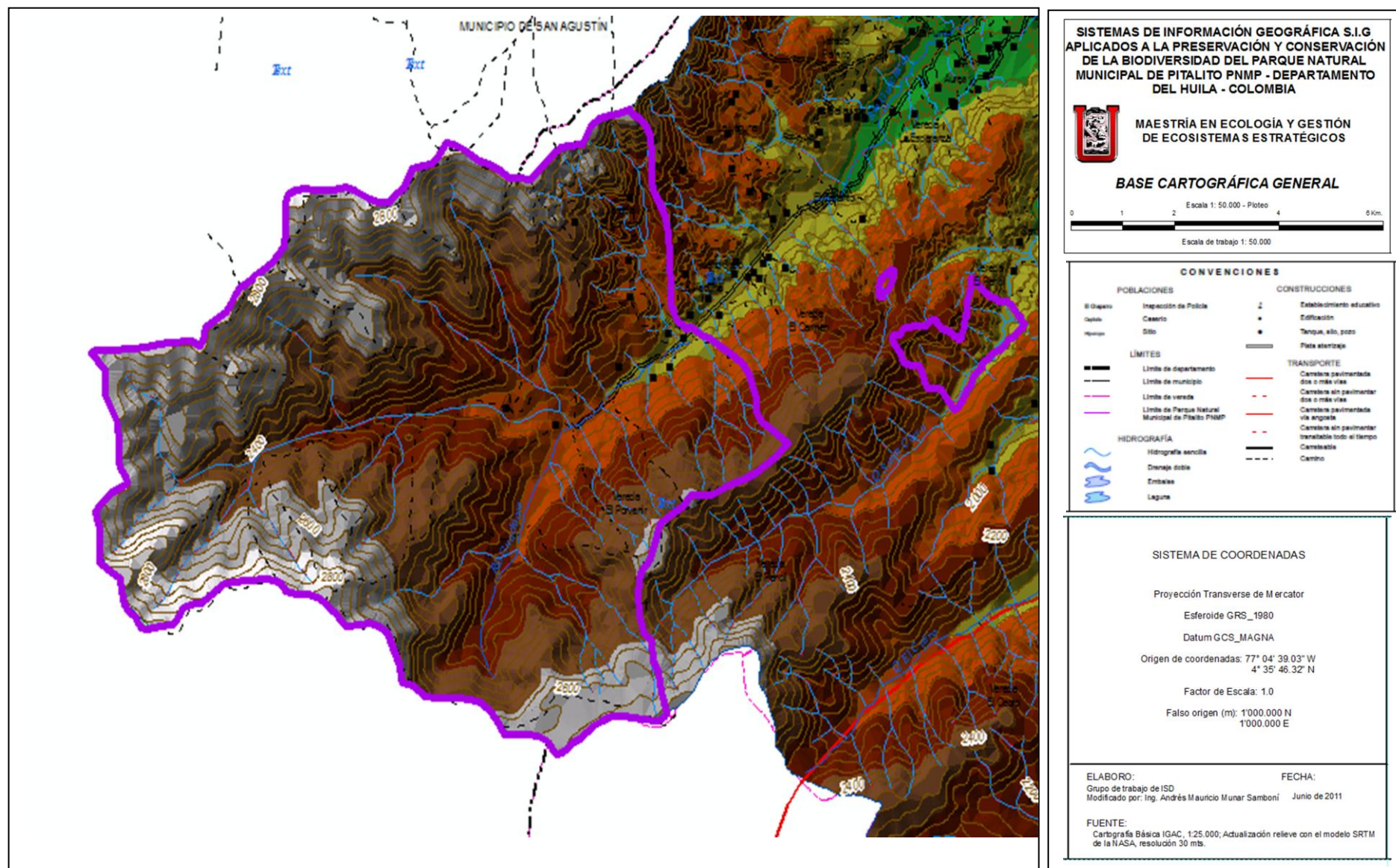


Figura 11. Modelo TIN aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito.
 (adaptado del POMCH del Río Guarapas, 2009).

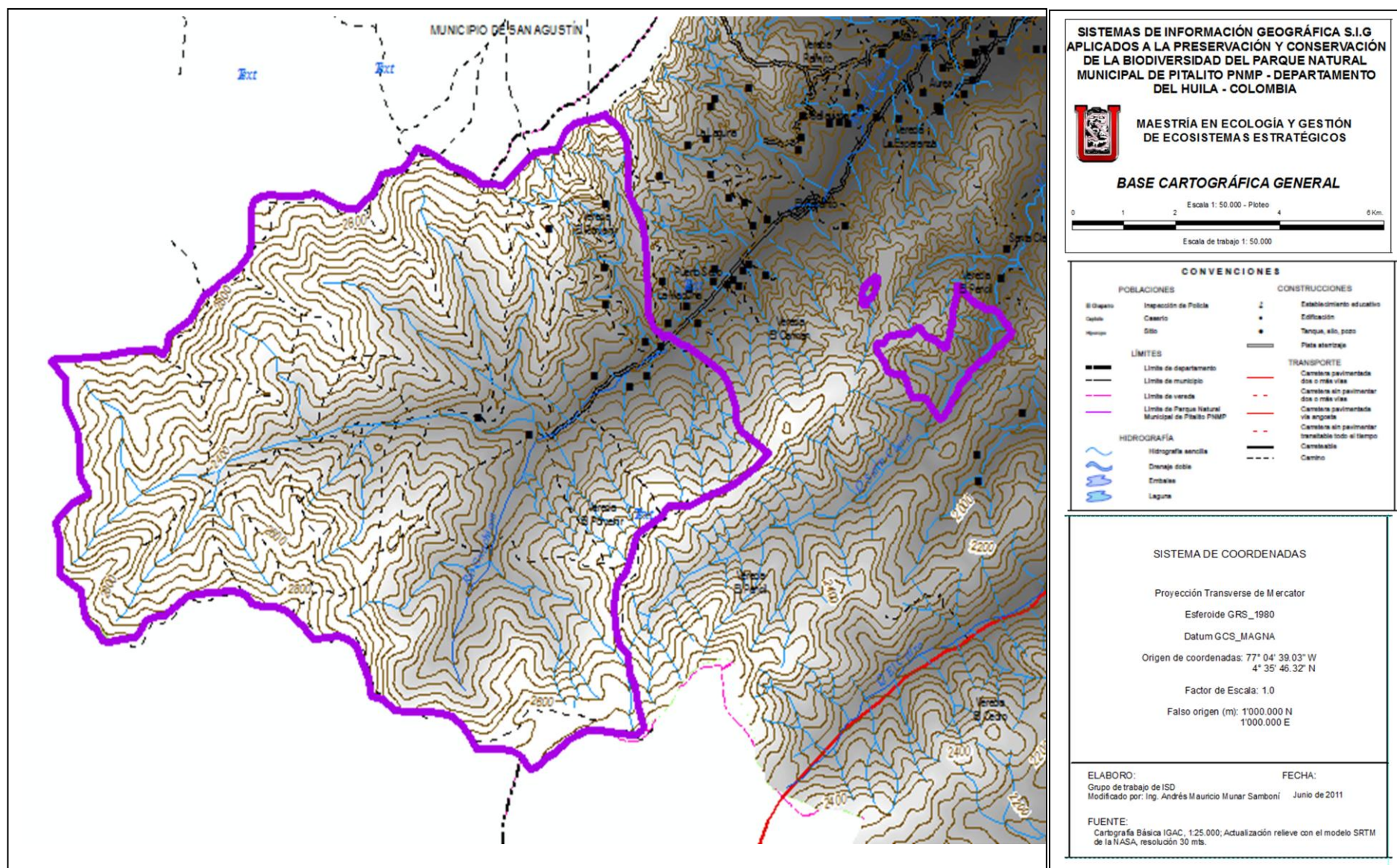


Figura 12. Modelo DEM aplicado a la Base Cartográfica General para el Parque Natural Municipal de Pitalito.
 (adaptado del POMCH del Río Guarapas, 2009).

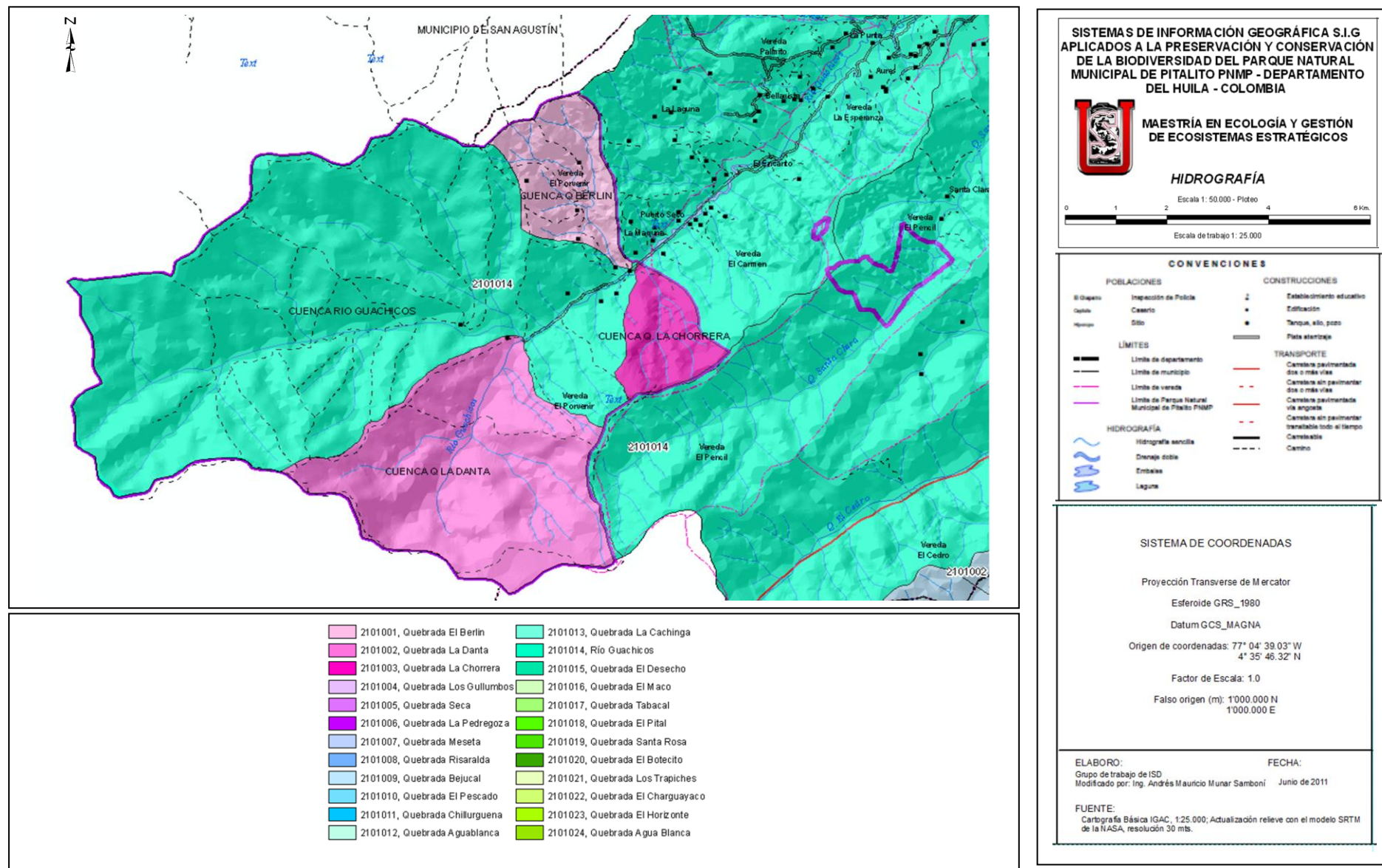
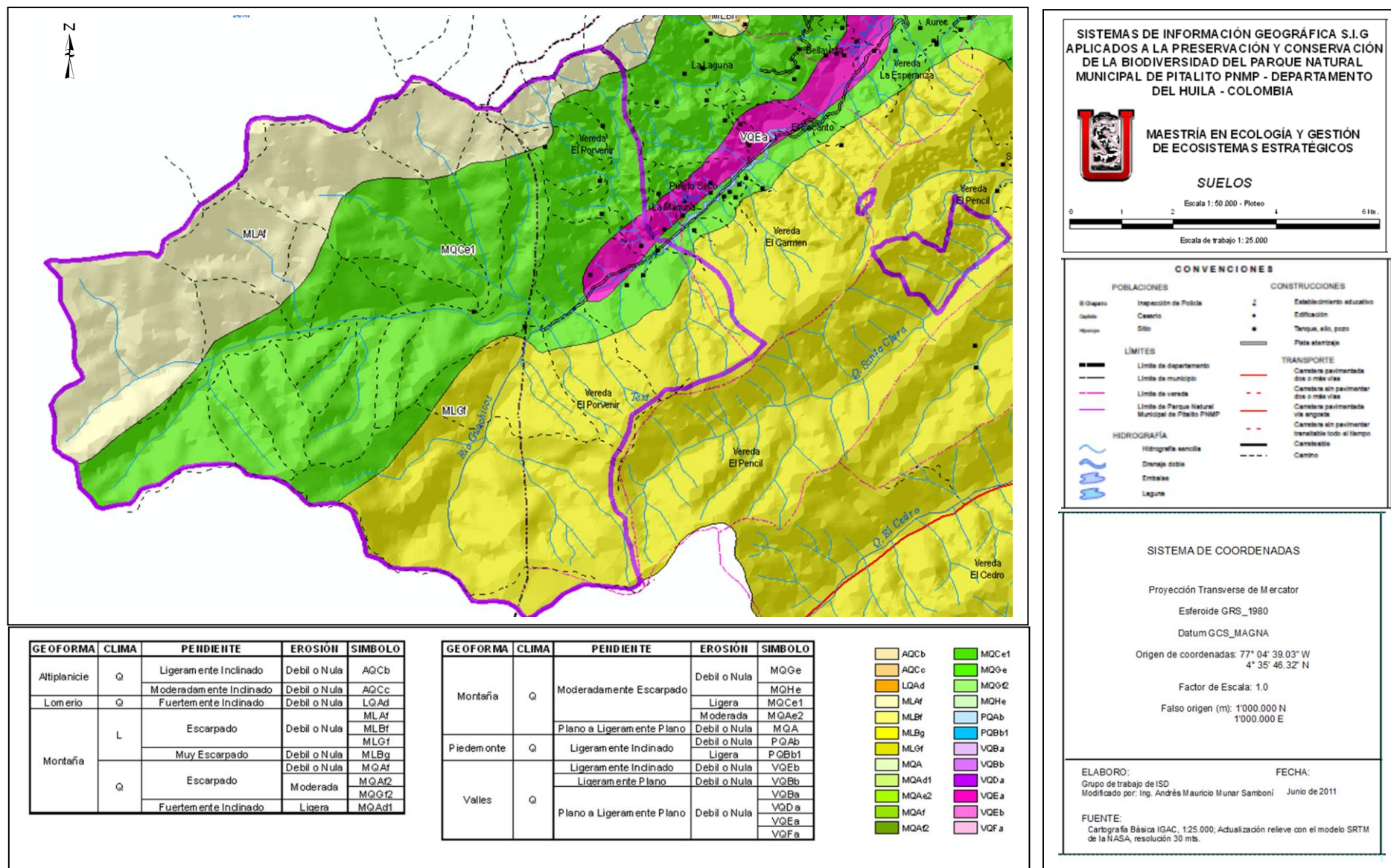


Figura 13. Hidrografía del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)



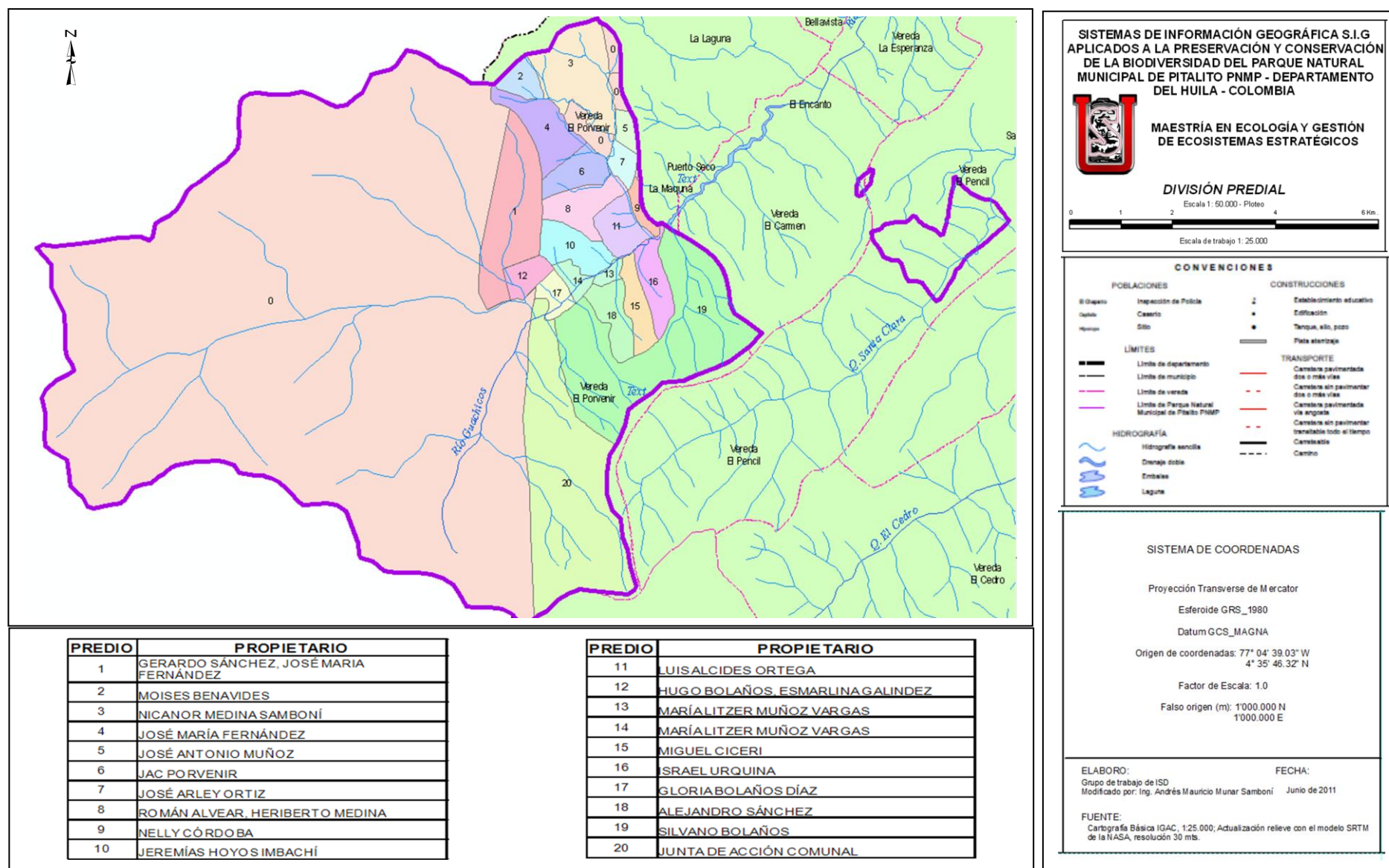


Figura 15. División Predial del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

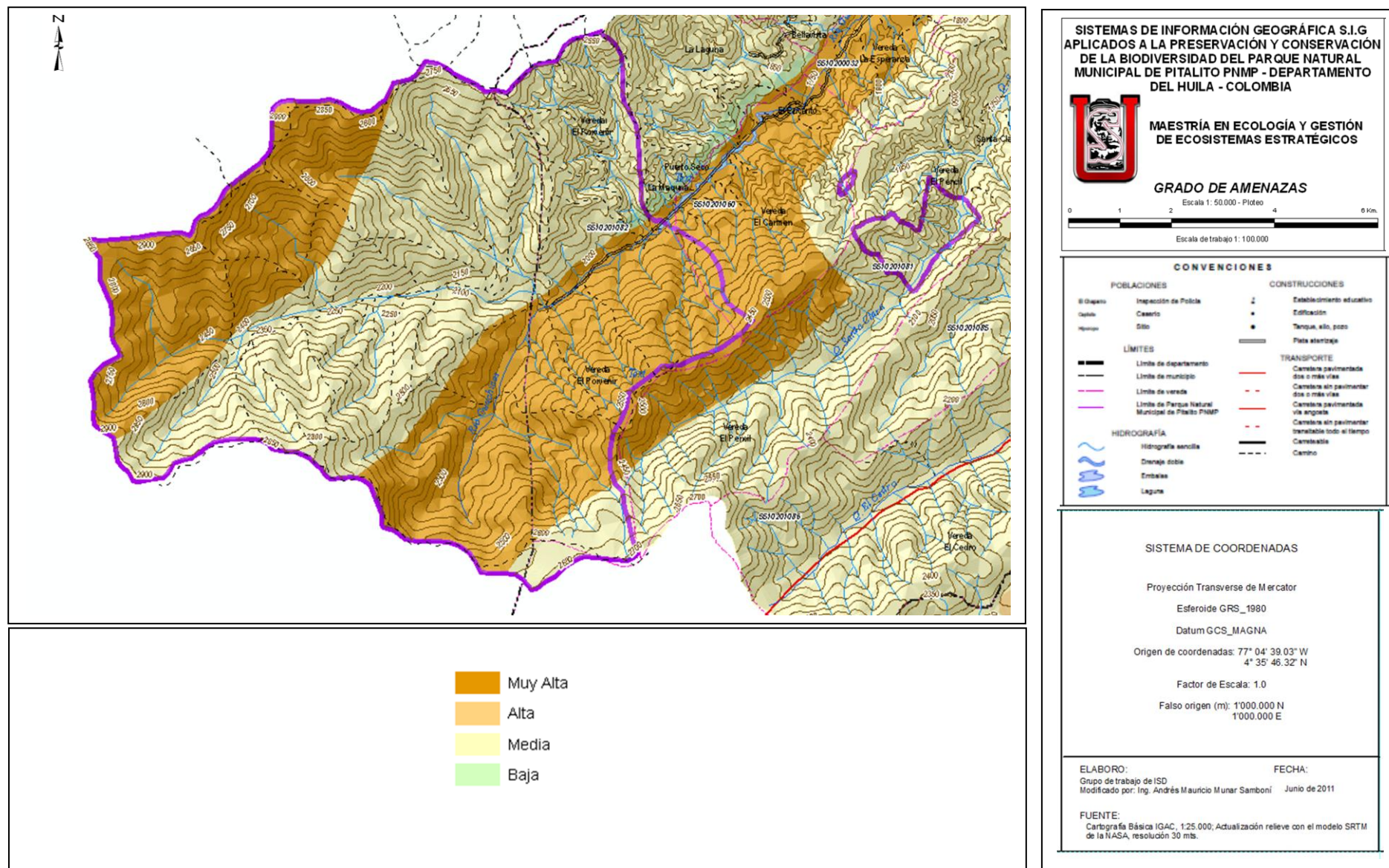


Figura 17. Amenazas Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

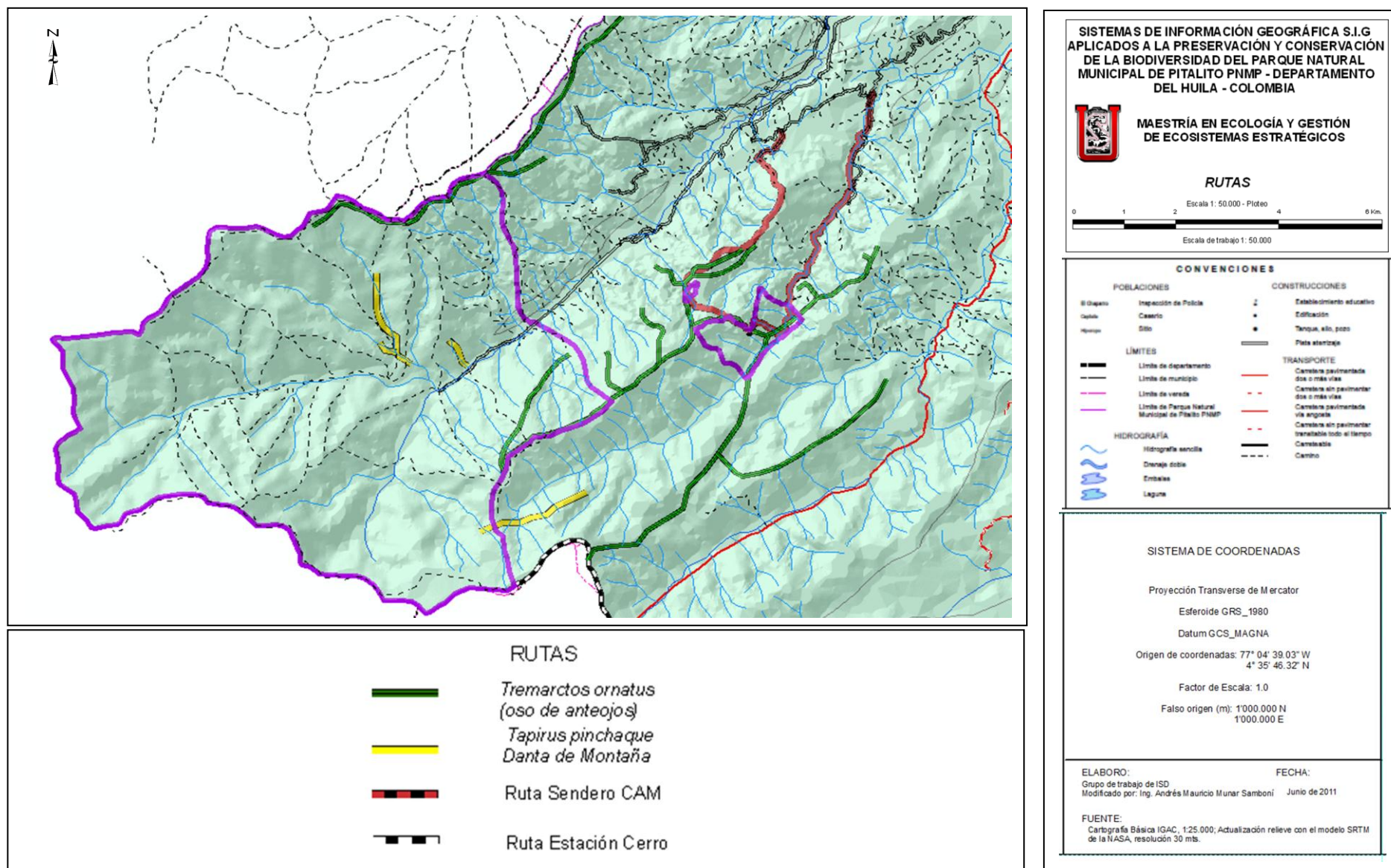


Figura 18. Rutas según poligrafía social Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

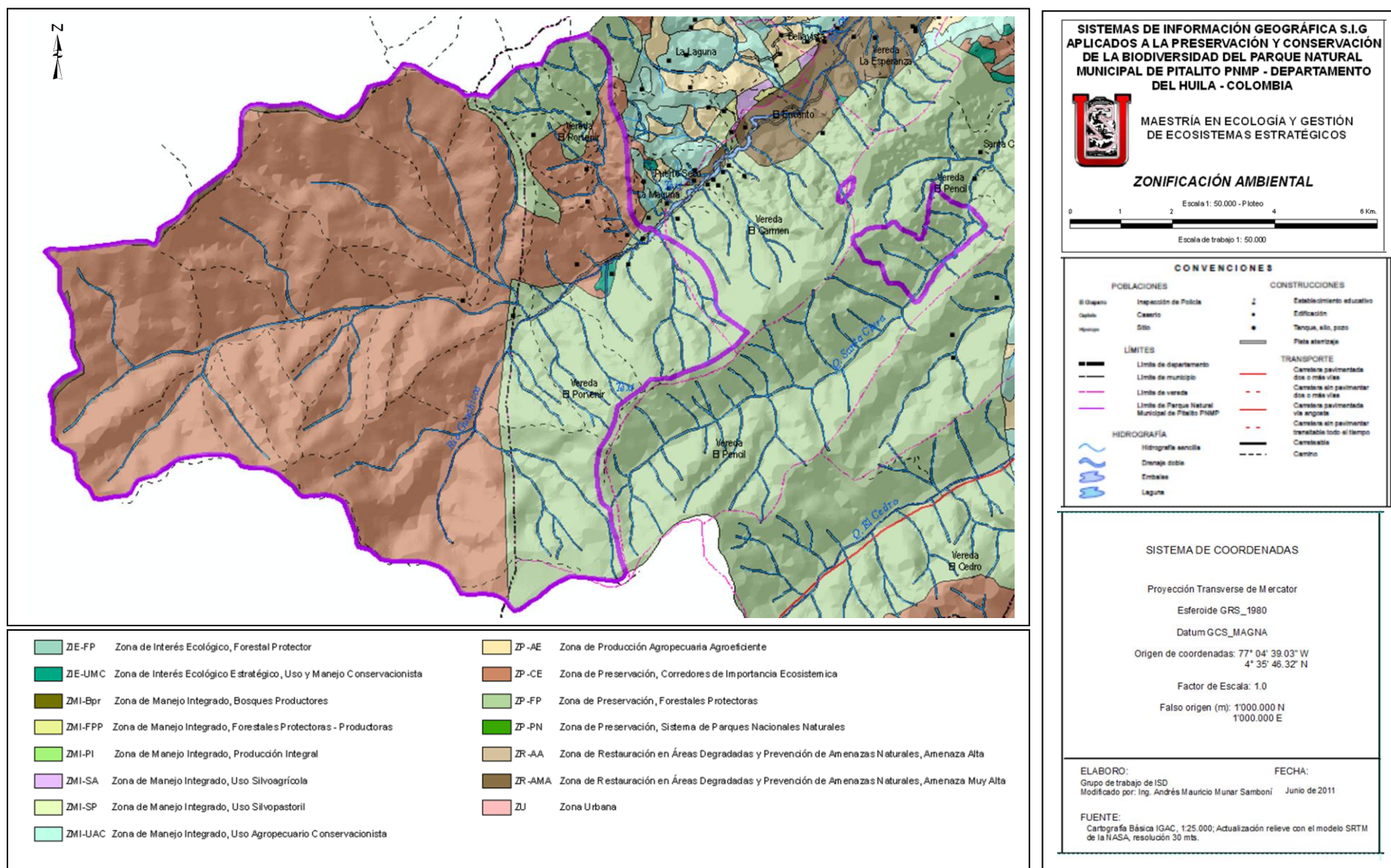


Figura 19. Zonificación Ambiental Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

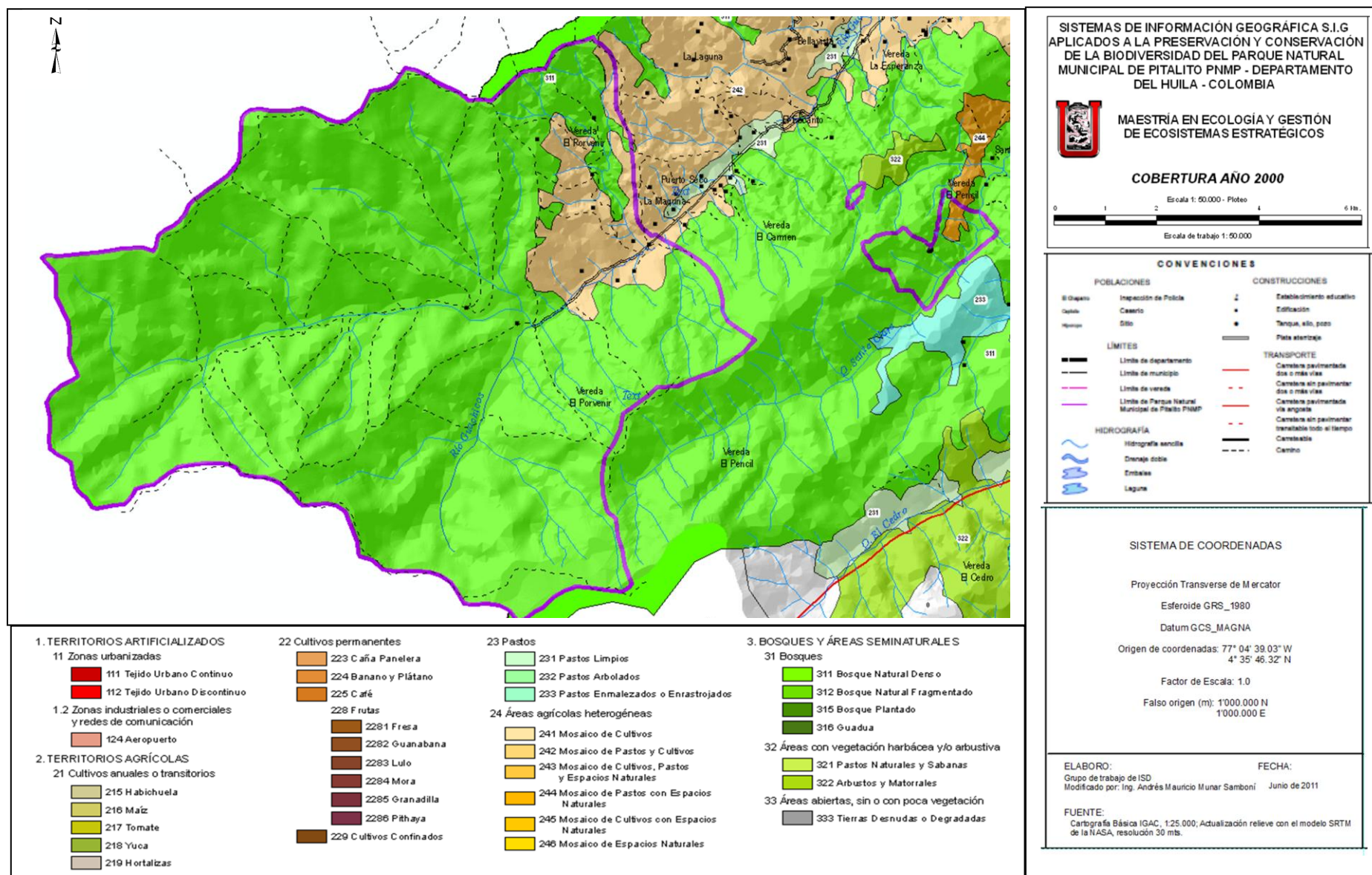


Figura 20. Cobertura año 2000 Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

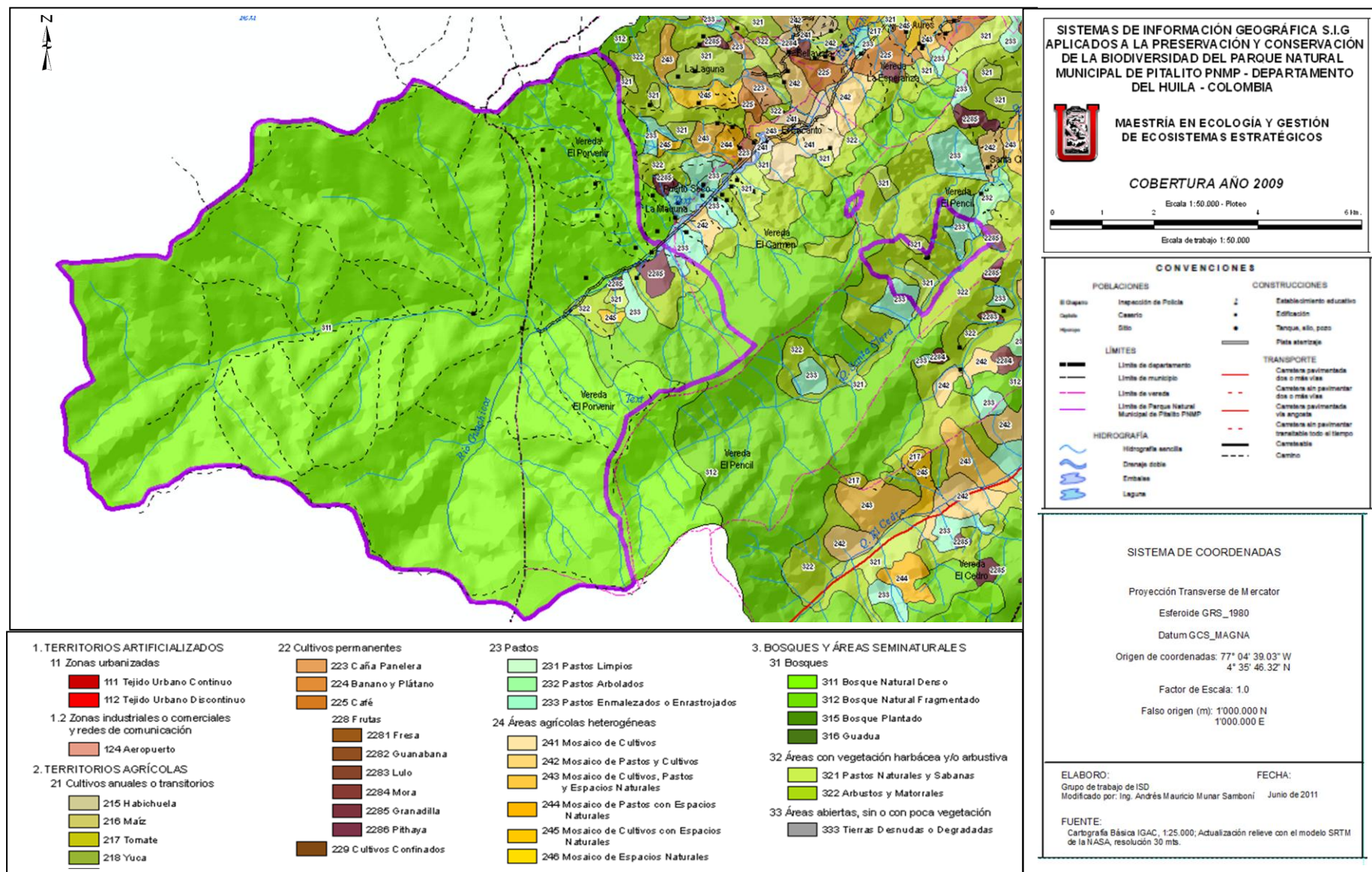
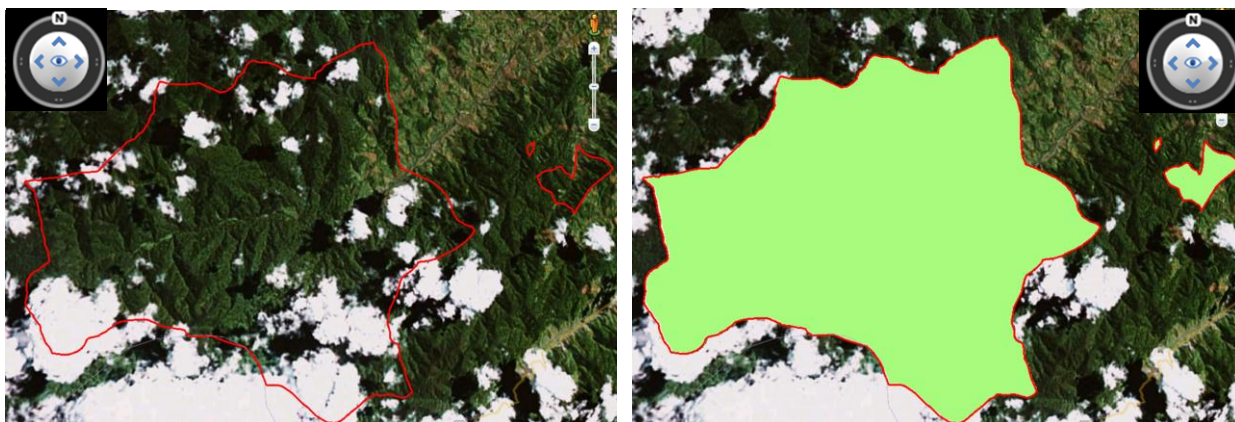


Figura 21. Cobertura año 2009 Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

7.3 SIG integrado al Software Google Earth

Para la creación de las capas, se realizó la superposición de imágenes y posteriormente la digitalización y su ajuste correspondiente.

En la siguiente imagen se aprecia el área del PNMP.

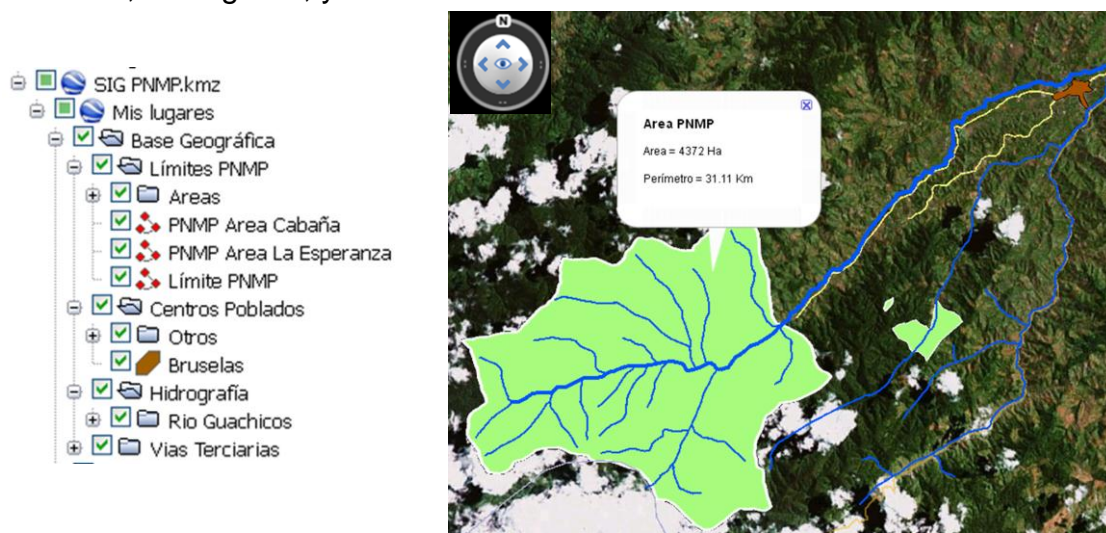


Figuras 22 y 23. Límites del Parque Natural Municipal de Pitalito. (SIG Google Earth, 2011)

A continuación se presentan las capas implementadas en el SIG.

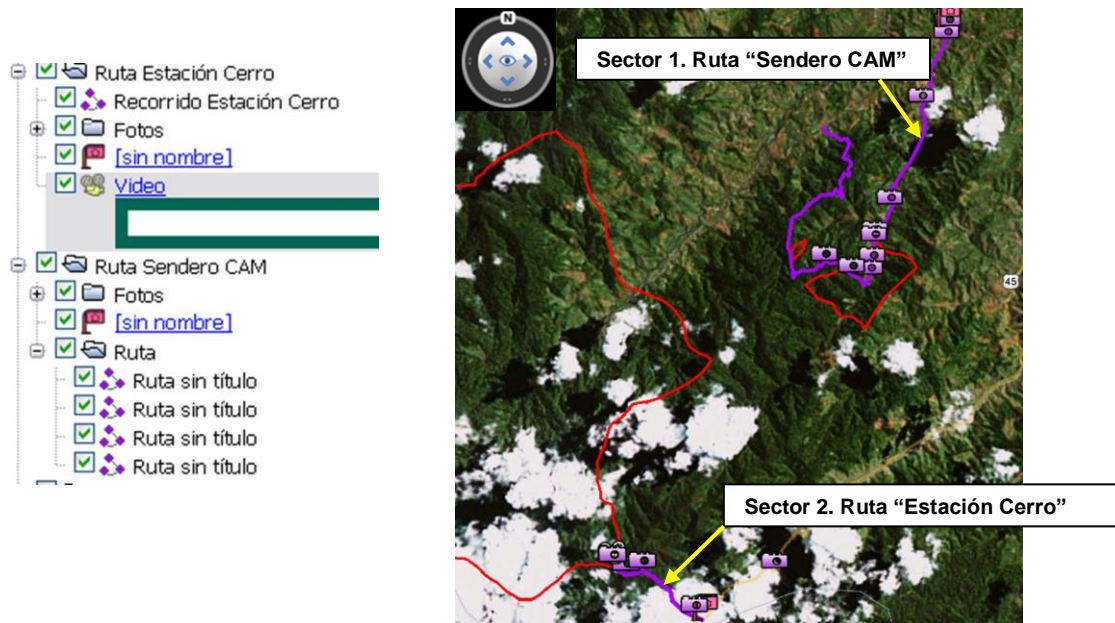
- Capa Base Geográfica

Contiene la información de la línea base: límites del PNMP, Centros Poblados, Hidrografía, y vías.



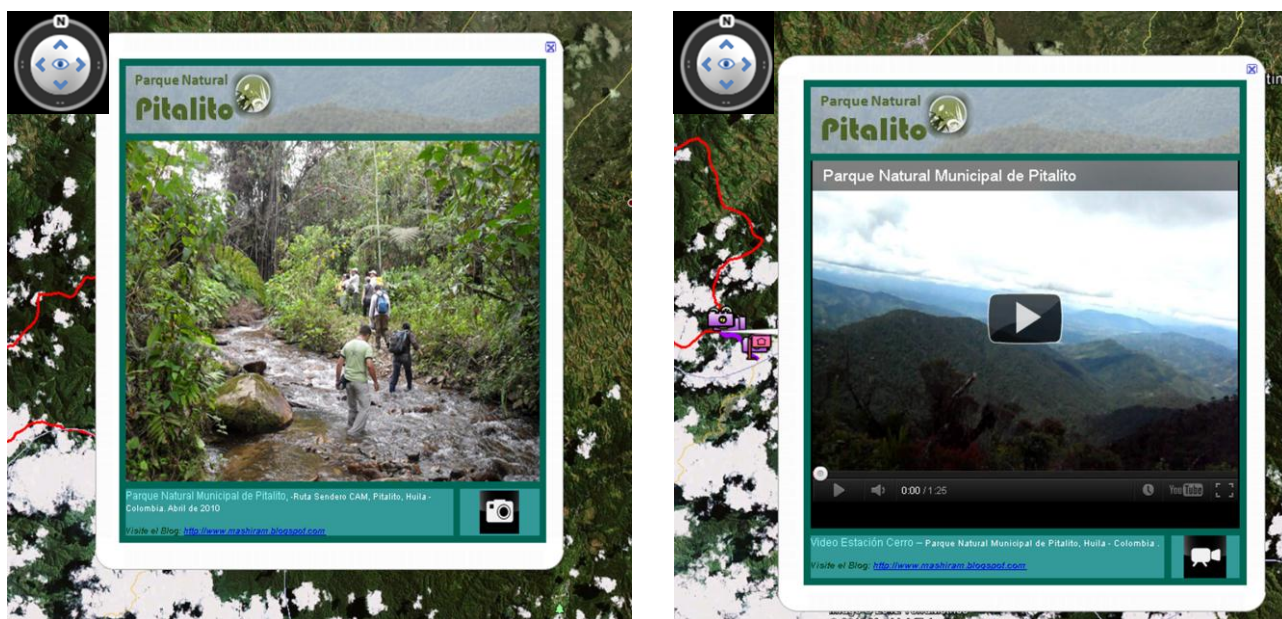
Figuras 24 y 25. Capa Base Geográfica. (SIG Google Earth, 2011)

- Capas “Ruta Estación Cerro” y “Sendero CAM”
Estas capas corresponden a los sectores donde se realizó la validación de información de campo.



Figuras 26 y 27. Capas ruta “Estación Cerro” y “Sendero CAM”. (SIG Google Earth, 2011)

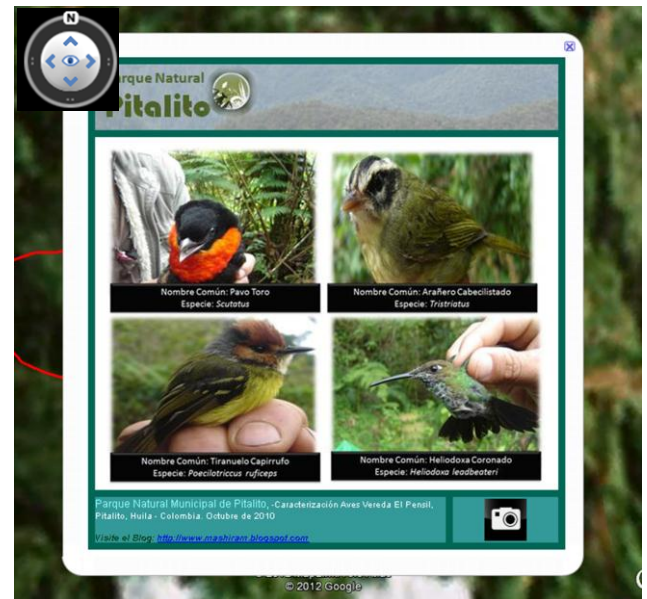
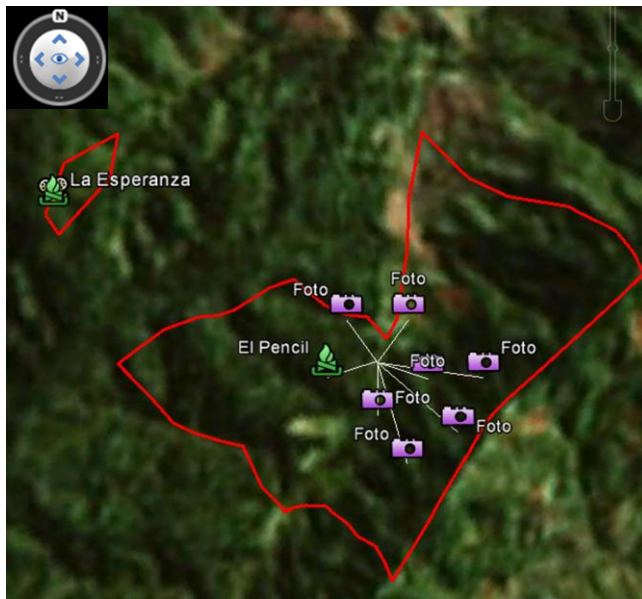
En estas capas se integró información georreferenciada de fotografías y videos, extraídos de las salidas de reconocimiento de campo.



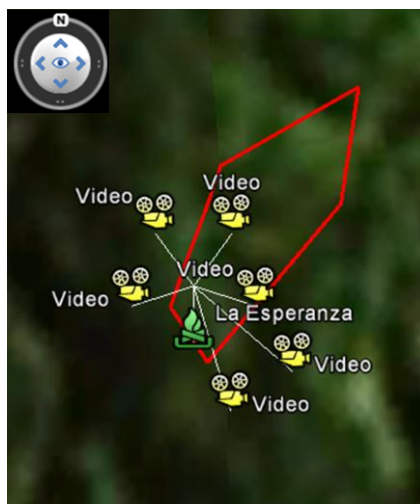
Figuras 28 y 29. Fotografía ruta “Sendero CAM” y video ruta “Estación Cerro”. (SIG Google Earth, 2011)

- Capas “Avifauna Vereda El Pensil” y “Avifauna Vereda La Esperanza”

En estas capas se integró información georreferenciada de los resultados del estudio “Caracterización de la Biodiversidad de Aves en el Parque Natural Municipal de Pitalito” realizado por Saavedra (2012).



Figuras 30 y 31. Avifauna Vereda El Pensil. (Citado por Saavedra, 2012 y adaptado al SIG Google Earth, 2011)

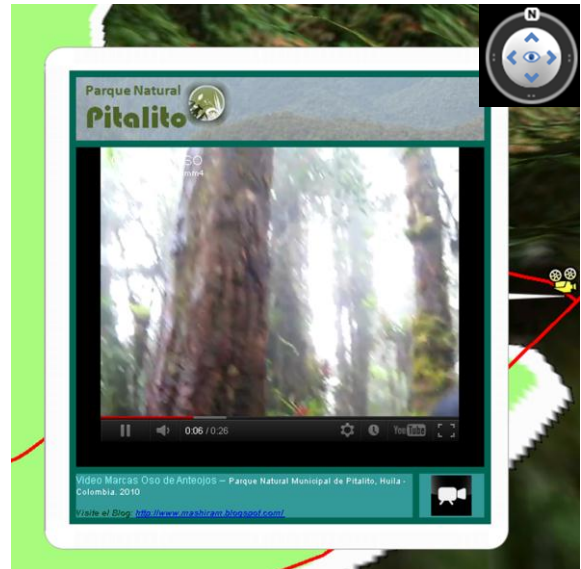


Figuras 32 y 33. Avifauna Vereda La Esperanza. (Citado por Saavedra, 2012 y adaptado al SIG Google Earth, 2011)

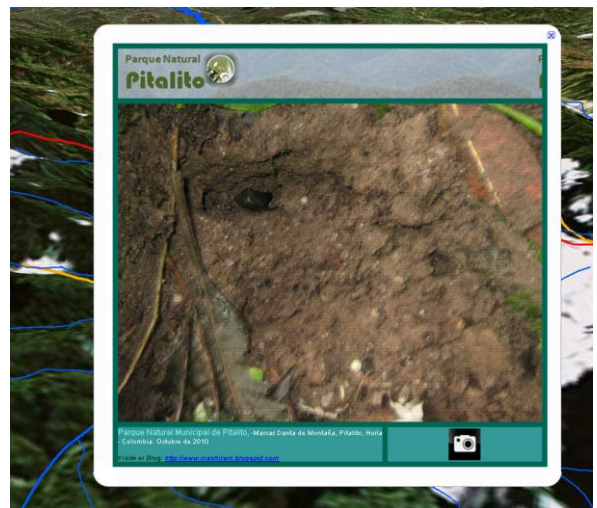
- Capas “Ruta Oso de Anteojos” y “Ruta Danta de Montaña”

Esta capa se realizó con información recopilada de poligrafía social y monitoreos realizados en la zona por la Corporación para el Monitoreo de la Biodiversidad del Sur Mashiramo.

Aquí se integra información georreferenciada sobre las rutas de dichas especies, según avistamientos y rastros en material arbóreo.



Figuras 34 y 35. Ruta oso de anteojos y video rastros oso. (SIG Google Earth, 2011)



Figuras 36 y 37. Ruta danta de montaña. (SIG Google Earth, 2011)

- Capas “Cabaña PMMP”

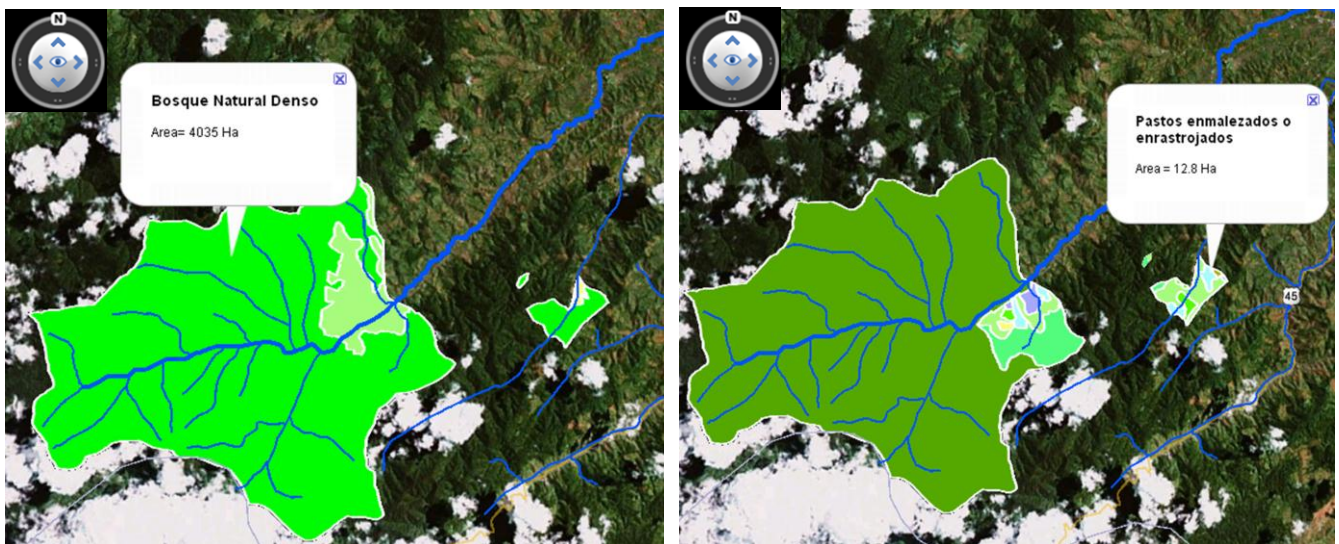
Cabe resaltar que dentro del PNMP existe una cabaña, la cual fue construida por la CAM y sirve como hospedaje a turistas y visitantes. En las siguientes imágenes se aprecia una visualización 3D de dicha cabaña, así como fotografías



Figuras 38 y 39. Cabaña PNMP. (SIG Google Earth, 2011)

- Capas “Coberturas”

Esta capa corresponde a las coberturas del suelo para los años 2000 y 2009. Dicha información fue recopilada de diversas fuentes, entre ellas el POMCH Río Guachicos, POT Municipio de Pitalito, Departamento de SIG de la CAM, entre otros.



Figuras 40 y 41. Cobertura año 2000 y Cobertura año 2009. (adaptado al SIG Google Earth, 2011)

En la siguiente imagen se presenta el perfil de elevación para el PNMP.

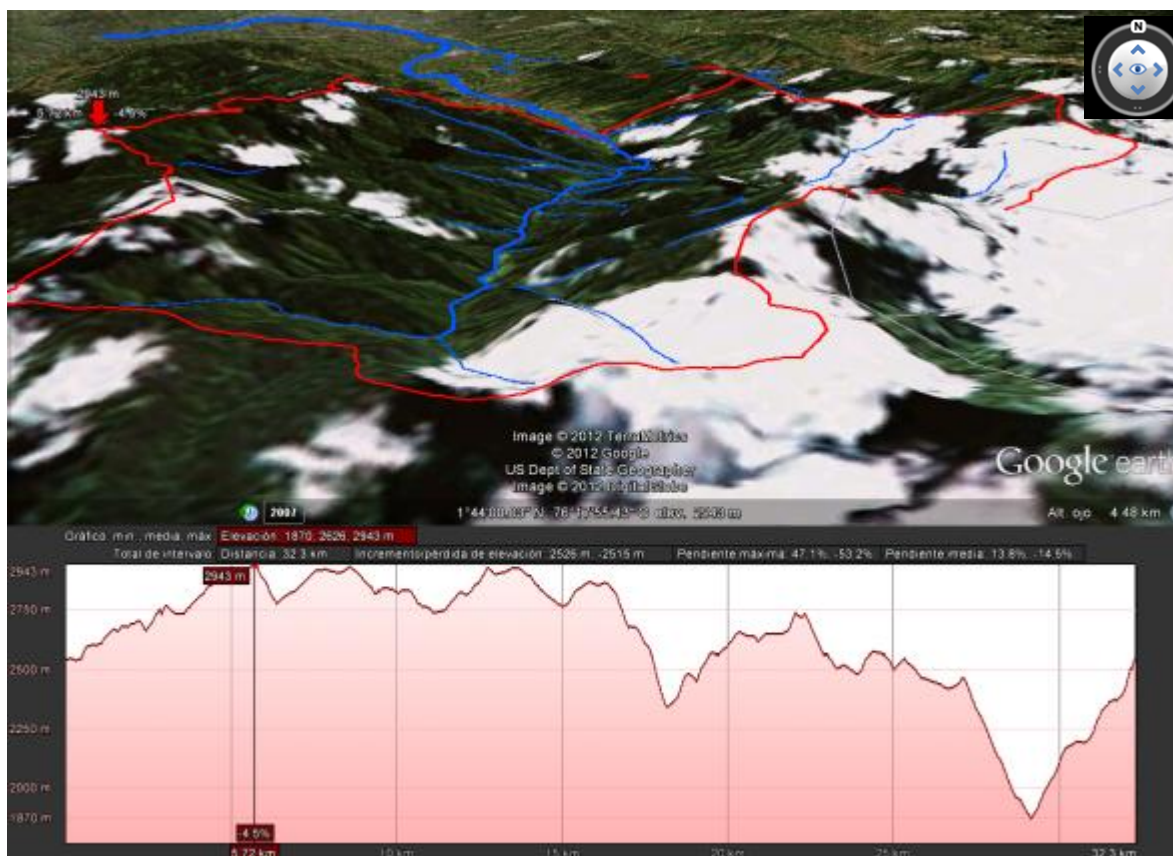


Figura 42. Perfil de elevación PNMP. (SIG Google Earth, 2011)

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 Evaluación de las tasas de deforestación

De acuerdo con información recopilada para el PNMP y según la interpretación de imágenes de satélite, la cobertura boscosa en el año 1989 y en el año 2002, muestra el retroceso de las áreas boscosas que se han disminuido para el caso de la parte alta de la cuenca a una tasa aproximada de 0,65% anual, generando pérdida de cobertura boscosa del orden de 405,07 hectáreas en los trece años.

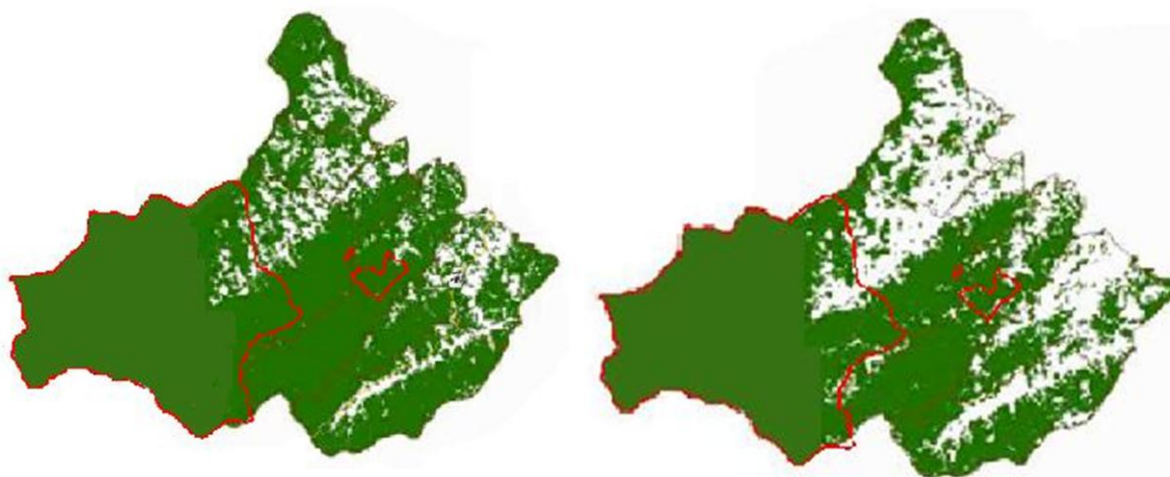


Figura 43. Pérdida de cobertura boscosa periodo 1989 - 2002. Cuenca Río Guachicos (adaptado del POMCH del Río Guachicos, 2007)

En la siguiente tabla se presenta la perdida de cobertura boscosa, según unidad de área para las veredas que tienen influencia en el PNMP.

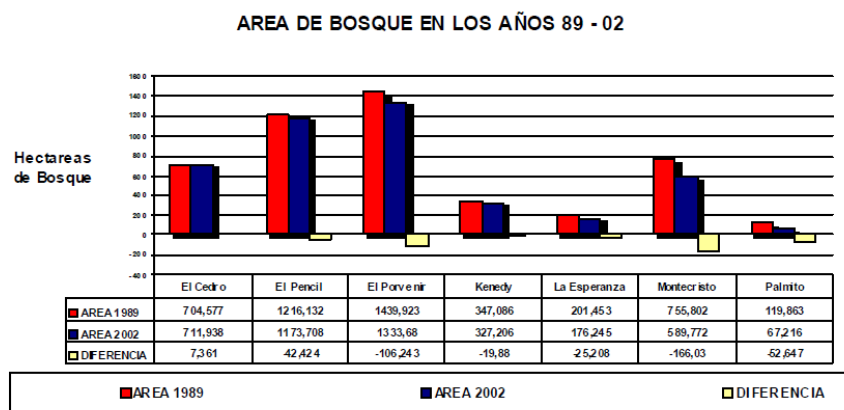


Tabla 3. Áreas de Bosque 1989 - 2002. Cuenca Río Guachicos (adaptado del POMCH del Río Guachicos. 2007)

Para el área del PNMP se estimaron las pérdidas de cobertura boscosa para el periodo 2000 – 2009.

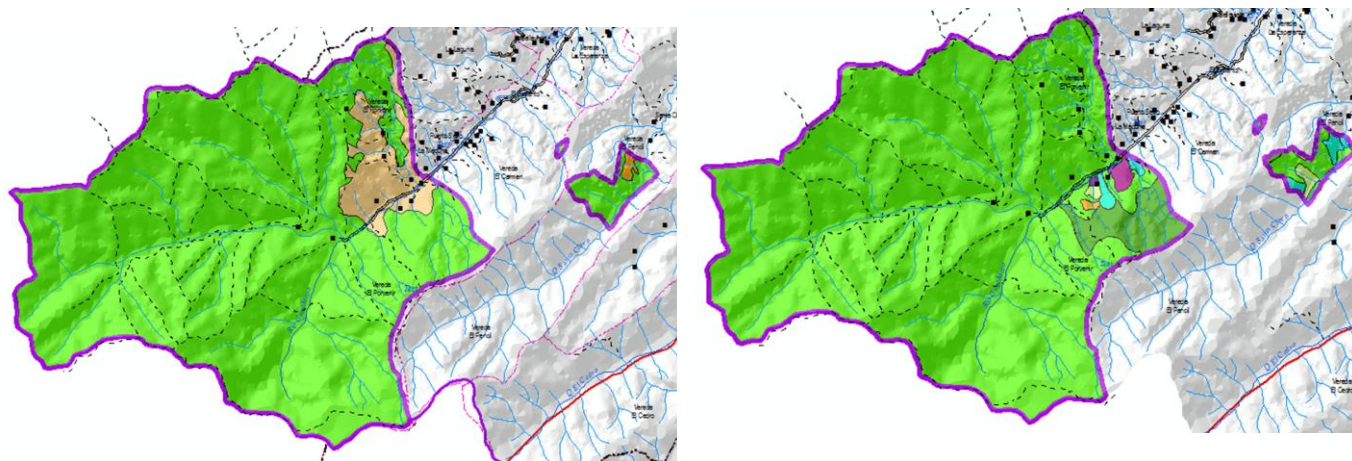


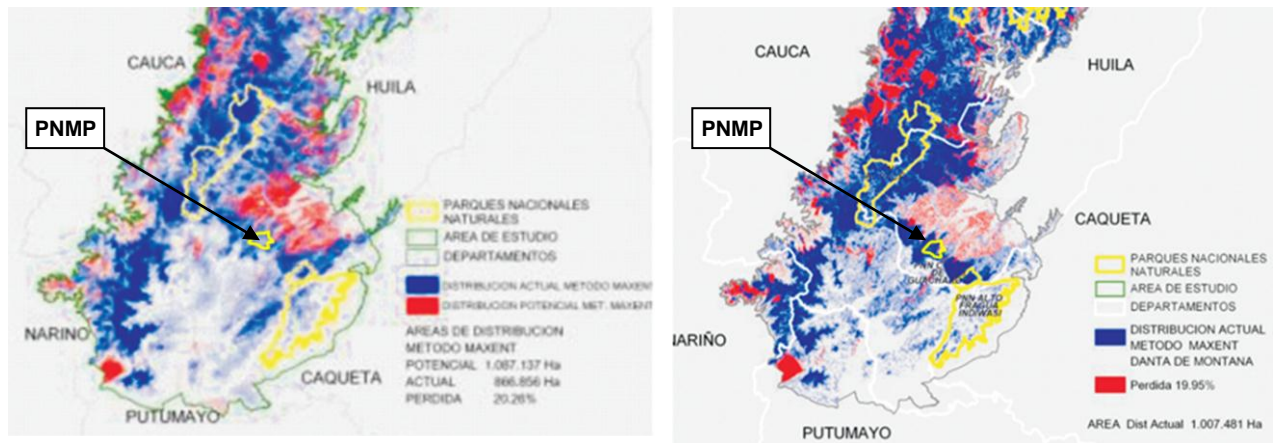
Figura 44. Pérdida de cobertura boscosa del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP en el periodo 2000 – 2009. (adaptado del POMCH del Río Guarapas. 2009)

Para el área del PNMP la pérdida de cobertura boscosa para el periodo 2000 – 2009 se estimó en 127 Ha, que corresponde a una tasa de 0.34 % anual, lo cual es preocupante, siendo el PNMP un área protegida.

8.2 Efectos de la Deforestación – Fragmentación sobre la biodiversidad

A medida que las regiones tropicales son convertidas en tierras de producción agrícola, la conservación de la biodiversidad depende cada vez más, no sólo del manejo y conservación de áreas naturales protegidas, sino también de impulsar y fomentar la visión de conservación dentro de las matrices productivas (Harvey et al. 2006). Existen estudios que se han enfocado en la importancia de la conectividad estructural para la conservación de la biodiversidad (Ramos 2004, Castellón y Sieving 2005); sin embargo, aún existen muchos vacíos de información sobre las afectaciones que los procesos de fragmentación tienen sobre la condición física, movilidad, viabilidad y sobrevivencia de las especies animales (Racero - Casarrubia. 2008).

Para evaluar los efectos de la deforestación y la fragmentación sobre la biodiversidad, se presenta a continuación un análisis de la distribución actual y potencial para el *Tremarctos ornatus* (oso andino), así como para el *Tapirus pinchaque* (danta de montaña), basado en los estudios desarrollados por Restrepo y Romero (2008).



Figuras 45 y 46. Distribución actual y potencial del *Tremarctos ornatus* (oso andino) y *Tapirus pinchaque* (danta de montaña). (adaptado de Restrepo y Romero, 2008)

Como se puede apreciar, el área del PNMP es un corredor biológico importante y paso obligado de estas especies, por tanto, la necesidad de establecer estrategias para su conservación.

En la siguiente imagen se presenta el modelo de accesibilidad a las áreas de distribución actual y potencial para dichas especies focales.

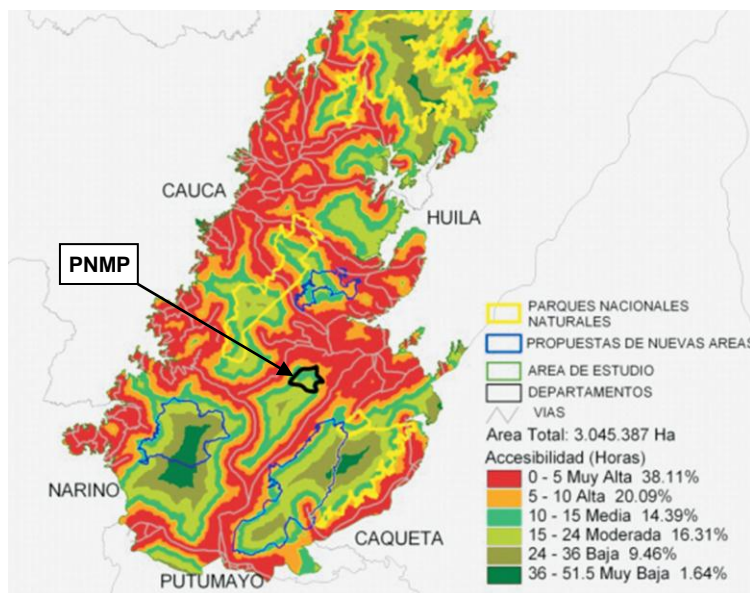


Figura 47. Modelo de accesibilidad a las áreas de distribución actual y potencial del *Tremarctos ornatus* (oso andino) y *Tapirus pinchaque* (danta de montaña). (adaptado de Restrepo y Romero, 2008)

Cabe anotar que el análisis de presiones teniendo en cuenta la accesibilidad a los

sitios arroja los siguiente resultados: el mapa indica que a mayor accesibilidad (facilidad para que las personas pueden llegar más rápido y fácilmente) a una zona es más fácil que se puedan utilizar bienes y servicios de estas áreas y así incrementar la vulnerabilidad de perder su cobertura y/o recursos de flora y fauna, en este caso acceder a individuos de osos o danta

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que el Parque Natural Municipal de Pitalito, presenta una accesibilidad alta (20.09%), razón por la cual se considera una amenaza para las especies estudiadas.

Si bien, aunque garantizando la conectividad de las áreas protegidas y la conservación de la danta y el oso en estas áreas, no es fácil garantizar su supervivencia a largo plazo ya que más de la mitad de la población de dantas que aun sobrevive en Colombia, se encuentra fuera del sistema de áreas protegidas del Ministerio de Ambiente (Cavelier et al, 2000, citado por Restrepo y Romero, 2008).

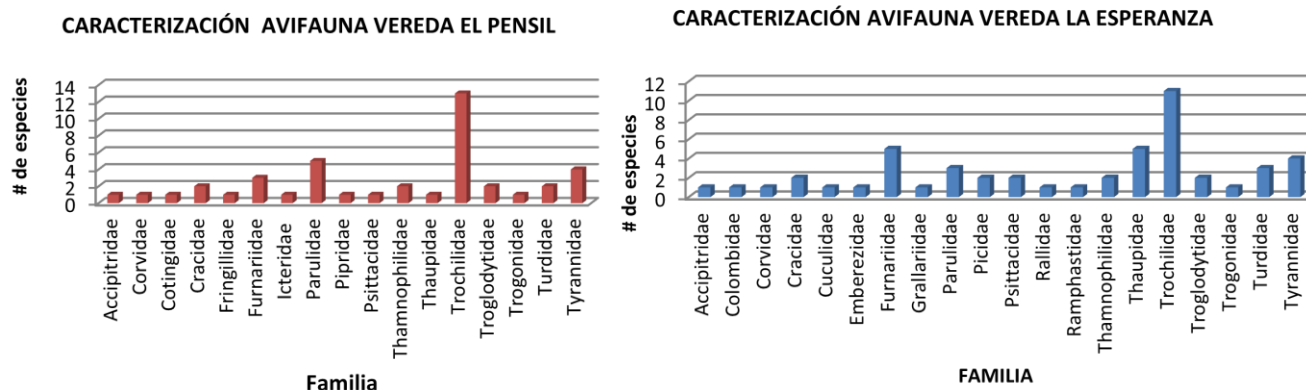
Por otra parte la fragmentación del hábitat de distribución del oso andino y la danta, y el aislamiento de sus poblaciones es uno de los problemas más graves identificados en su supervivencia a largo plazo (Cuesta & Suárez 2001; Peyton 1999; Yerena 1994; citado por Restrepo y Romero, 2008).

Las amenazas más inmediatas que presentan las dos especies en el área de estudio se pueden resumir en pérdida del hábitat y extracción de individuos, lo cual no es ninguna novedad, pues son los mismos problemas que se reportan en todo su área de distribución, incluso, también son las mismas amenazas que enfrentan la gran mayoría de especies de la fauna del país.

Para el caso de la avifauna, si bien, aunque a las aves de Colombia se han estudiado por varios años, todavía no se conoce completamente su distribución (Barreto, 1981), prueba de ello es la nueva información sobre la distribución y situación de 138 especies de aves de la vertiente oriental de los Andes colombianos (Salaman *et al*, 2002, citado por González, 2004).

La distribución altitudinal de las aves está afectada por varios factores como los cambios abruptos de hábitat, cambios graduales en los parámetros medioambientales y la competencia (Terborgh y Weske, 1975, citado por González, 2004).

En las siguientes figuras, se presenta un análisis sobre los resultados obtenidos en el estudio de caracterización de aves en el PNMP, realizado por Saavedra (2012) en las veredas el Pensil y La Esperanza del Corregimiento de Bruselas.



Figuras 48 y 49. Caracterización de avifauna en el Parque Natural Municipal de Pitalito. (adaptado de Saaavedra, 2012)

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación de Saavedra (2012), en el área del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP, la familia con mayor número de especies de aves para las dos zonas estudiadas, corresponde a *Trochilidae* (colibríes). Esto puede estar relacionado con el fenómeno de la polinización mediada por aves, que cobra una mayor importancia debido a que la baja temperatura predominante en el área, reduce la actividad de los insectos polinizadores (Restrepo, 1999).

Aunque las aves nectarívoras y en especial los miembros de la familia *Trochilidae* han sido considerados como un grupo altamente resistente a las fragmentación y perturbación de su hábitat (Stouffer & Bierregaard, 1995b; Kattan et al., 1994; Renjifo, 1999; Castaño & Patiño, 2000; Ribon et al., 2003), no es motivo para que no se generen estrategias para su conservación.

La distribución de aves es explicable en gran medida a factores biofísicos, como por ejemplo el clima y la altitud, y está directamente relacionada a los requerimientos ambientales de la especie.

Cabe señalar que la segunda causa más importante que amenaza a la fauna es la pérdida de hábitat naturales y de poblaciones. La deforestación en Colombia no se ha detenido y continúa a un ritmo acelerado. Esta causa se convierte en la de mayor amenaza para las poblaciones viables de fauna silvestre. En síntesis la combinación de la pérdida de hábitat, cacería y otros factores de presión actualmente están llevando a consecuencias como la destrucción de refugios naturales, lugares de reproducción, de alimentación, la fragmentación y aislamiento de las poblaciones.

Gracias a la aparición y construcción de atlas temáticos y a las diversas aplicaciones de los SIG en los diferentes grupos animales, surge la necesidad de cartografiar de manera más detallada la avifauna de nuestra región, lo cual puede llevarse a cabo relacionando las variables que condicionan la presencia/ausencia espacial de especies.

8.3 Mapas temáticos obtenidos

Con relación a los mapas temáticos generados en el SIG a partir de la información recopilada se tiene que para el área del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP se encuentran tres subcuencas que integran la cuenca hidrográfica del Río Guachicos. Dichas subcuencas corresponden a las Quebradas La Danta, La Chorrera y el Berlín. Cabe resaltar que el PNMP posee ciento treinta y tres (133) nacimientos, dispuestos en un área de aproximadamente 256,65 Has, equivalentes al 20,86% de la superficie total del parque, de las cuales 255,65 Has se encuentran protegidas (20,78%), de acuerdo a la información obtenida de los formatos prediales.

En cuanto a los suelos del PNMP, en él se encuentran cuatro tipos de suelos: los de montaña con pendiente escarpada y erosión débil o nula (MLAf y MLGf), los de montaña con pendiente moderadamente escarpada y erosión ligera (MQCe1), y los de valles con pendiente plana a ligeramente plana y erosión débil o nula (VQEa).

Para el caso de los predios del PNMP, y de acuerdo a la cartografía predial, escala 1:25.000 elaborada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el año 1.992, en el PNMP, había veintiún (21) predios distribuidos por vereda, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de predios por veredas del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) según IGAC (1992).

VEREDA	No. DE PREDIOS
El Porvenir	21
TOTAL	21

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. 1.992.

Con el levantamiento de la información de campo aplicando las encuestas prediales, se determinó que actualmente el PNMP está conformado por veinte (20) predios distribuidos por vereda, tal como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de predios por veredas del Parque Natural Municipal de Pitalito (PNMP) según su Plan de Manejo Ambiental PMA (2006)

VEREDA	No. DE PREDIOS
El Porvenir	20
TOTAL	20

Fuente: Adaptado de PMA, 2006

Con relación a la aptitud del suelo, para el PNMP se tienen dos zonas: la zona de tierras que deben conservarse, como bosques de protección, y la zona de tierras para la explotación limitada de especies forestales. Este mapa es de gran importancia, debido a que el área del PNMP fue declarada por el Concejo Municipal de Pitalito mediante el Acuerdo No. 022 del 2 de junio de 2005 como régimen de parque, bajo la figura de reserva de la Sociedad Civil

Para el caso de los grados de amenaza, en el área del PNMP se presentan dos zonas, una de alto grado de amenaza, y una de medio grado de amenaza. Estas zonas generadas debido a la topografía de la zona, en la cual se presentan altas pendientes, así como por los tipos de suelo existentes.

También se generó un mapa de rutas, basado en poligrafía social, y estudios de monitoreo realizados por la Corporación para el Monitoreo de la Biodiversidad del Sur Mashiramo. En este mapa se presentan las rutas para las especies focales *Tremarctos ornatus* (oso de Antejos) y el *Tapirus pinchaque* (danta de montaña); así como las rutas de verificación de la información de campo. Esto corrobora los estudios desarrollados por Downwe, (1996) donde establecen que la distribución altitudinal de *Tapirus pinchaque* (danta de montaña) corresponde a alturas entre los 2000-4000 m.s.n.m. en bosques de niebla y páramos; mientras que para el *Tremarctos ornatus* (oso andino), se puede encontrar desde los 450 hasta los 4500 m.s.n.m.

Por último se generó el mapa de zonificación ambiental, donde se establecieron las zonas de interés ecológico, así como las zonas de uso y aprovechamiento. Para el área del PNMP se establecieron tres zonas: la mayor corresponde a la zona de preservación - corredores de importancia ecológica ZP – CE; la segunda corresponde a la zona de preservación - forestales protectoras ZP- FP; y la tercera zona, de menor área, corresponde a la zona de interés ecológico estratégico – uso y manejo conservacionista ZIE – UMC.

8.4. Difusión del SIG

Por último como parte de los resultados obtenidos y su divulgación, se realizó el montaje del SIG a la página web de la Empresa de Servicios Públicos de Pitalito EMPITALITO ESP, en donde se pueden descargar tanto el software Google Earth,

así como el archivo .kmz que contiene toda la información del Sistema de Información Geográfica (SIG). El enlace web es el siguiente:
http://www.empitalito.gov.co/parque_natural_pitalito.html



Figuras 50 y 51. Enlace web del SIG integrado al Software Google Earth

9. CONCLUSIONES

Para el área del PNMP la pérdida de cobertura boscosa para el periodo 2000 – 2009 se estimó en 127 Ha, que corresponde a una tasa de 0.34 % anual, la cual es preocupante, siendo el PNMP un área protegida, razón por la que se deben establecer estrategias de conservación.

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, el Parque Natural Municipal de Pitalito, presenta una accesibilidad alta (20.09%), y al considerar los resultados de Restrepo y Romero (2008), donde se concluye que el hábitat disponible para las especies focales *Tremarctos ornatos* (oso andino) y *Tapirus pinchaque* (danta de montaña) se localiza en zonas de muy baja a baja accesibilidad; es necesario establecer de manera urgente, mecanismos para su conservación.

Con la propuesta de tener como especies focales al *Tremarctos ornatos* (oso andino) y *Tapirus pinchaque* (danta de montaña), se da un paso adelante en la consolidación, generación y uso de información, no sólo relacionada con aspectos biológicos de estas especies, sino que busca modelar desde los datos ecogeográficos generados en el mismo proceso, unos hábitat potenciales que iluminen no tanto los espacios requeridos por las especies objeto de trabajo, como la importancia de mantenerlas bien sea bajo la estrategia de creación declaración de nuevas áreas, o llamando la atención sobre la urgencia de mantener o restaurar en los casos donde es requerido, las conectividades y coberturas indispensables para la persistencia de estas dos magníficas especies, las de mayor tamaño en los andes tropicales.

En cuanto a los impactos sobre la avifauna, se puede concluir, que si bien hay predominio para las dos zonas estudiadas de la familia Trochilidae (colibríes), que es considerada como un grupo altamente resistente a las fragmentación y perturbación de su hábitat (Stouffer & Bierregaard, 1995b; Kattan et al., 1994; Renjifo, 1999; Castaño & Patiño, 2000; Ribon et al., 2003), no es motivo para que no se generen estrategias para su conservación.

Es así como los resultados arrojados por la investigación adelantada corroboran y subrayan la importancia de los parques nacionales existentes para la conservación y el mantenimiento de poblaciones de oso andino y danta de montaña, aportando elementos claves para el diseño y declaración de las nuevas áreas protegidas.

Dentro de las variables antrópicas que tienen impacto directo con la pérdida de la biodiversidad y los recursos naturales se pueden incluir la fragmentación y la deforestación del bosque nativo, generados por la expansión de la frontera agrícola y la tala indiscriminada del bosque, la extracción del material de arrastre de las fuentes hídricas.

Queda evidenciado que es posible desarrollar el tema de monitoreo e investigación desde las bases locales, sean estas campesinos o funcionarios, que misionalmente responden por unos objetos de conservación; siempre y cuando medien espacios de socialización de información brindando los elementos conceptuales, que permitan el desarrollo de destrezas requeridas y la guía y acompañamiento de profesionales dispuestos a compartir e intercambiar conocimientos.

Como parte de las conclusiones se puede inferir que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta versátil con múltiples aplicaciones que ayudan a la predicción de posibles zonas de distribución espacial de especies, gestión ambiental para el ordenamiento del territorio y la conservación de ecosistemas, identificación de áreas potencialmente adecuadas para una especie, entre otros.

Es así como la aplicación de nuevas herramientas cartográficas online de bajo costo, como Google Earth y Google Maps, NASA WorldWind, YahooMaps, MapQuest, entre otros, ofrecen múltiples ventajas, como la alta masa de usuarios que sobrepasa en mucho a la que pueden tener las principales firmas de programas de SIG.

Google Earth por su grado de implantación y por su potencialidad ha supuesto una revolución en el mundo de la cartografía, porque nos ha permitido contemplar la información espacial desde otro punto de vista. Esto ha sido posible gracias al aumento de la cantidad de datos geográficos y al desarrollo de las nuevas tecnologías de acceso a la información. Por tanto, la implementación de un SIG mediante la plataforma de Google Earth se considera útil debido a su fácil acceso, nivel de acercamiento por parte de cualquier usuario, y llega de forma fácil y directa a un gran número de usuarios no familiarizados con el manejo de datos geográficos y en especial con datos de imágenes de satélites y ortofotos

10. BIBLIOGRAFÍA

CASTAÑO, G.J. & PATIÑO, J.C., 2000.- Cambios en la composición de la avifauna en Santa Helena durante el siglo XX. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 15:137-161.

CASTELLÓN, TD. & KE SIEVING. 2005. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. *Conservation Biology*, 20:135-145

CAYUELA L D. 2006. Fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas. Efectos sobre la diversidad de árboles. Universidad de Alcalá. Departamento de Ecología. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/>
Consultado: Septiembre 15 de 2009

CAVELIER, et al., 2000. Tomado de: RESTREPO, H., ROMERO, M. 2008. Distribución y modelación de hábitat de oso andino y danta de montaña en el macizo colombiano. En: Proyecto Conservación de los Páramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano

CUESTA & SUÁREZ 2001; PEYTON 1999; YERENA 1994. Tomado de: RESTREPO, H., ROMERO, M. 2008. Distribución y modelación de hábitat de oso andino y danta de montaña en el macizo colombiano. En: Proyecto Conservación de los Páramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano

CHUVIECO, E. 2002. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia, Barcelona. Tomado de: Cayuela L D. Fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas. Efectos sobre la diversidad de árboles. 2006. Universidad de Alcalá. Departamento de Ecología. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/>
Consultado: Septiembre 15 de 2009

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA CAM. 2006. Plan de Manejo Ambiental PMA del Parque Natural del Municipio de Pitalito PNMP. Pitalito, 23 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA CAM. 2007. Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Hidrográfica del Río Guachicos POMCH. Pitalito, 290 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA CAM. 2008. Plan General de Ordenamiento Forestal del Huila PGOF. Pitalito, 13 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA CAM. 2009. Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Hidrográfica del Río Guarapas POMCH. Pitalito, 58 p.

DIRZO, GARCÍA. 1992. Tomado de: Aguilar C, Martínez E, Arriaga L. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema en México? Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/otros/biodiversitas/doctos/pdf/biodiv30.pdf>
Consultado: Octubre 18 de 2009.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE PITALITO EMPITALITO ESP. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua del Área Urbana del Municipio de Pitalito-Huila. Pitalito: 2009. 148 p.

FAO, 1993. Tomado de: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Estado de San Luis de Potosí. México. Disponible en:
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/slp/estudios/2007/24SL2007V0007.pdf> Consultado: Octubre 18 de 2009.

FANDIÑO-LOZANO, M. Y W. VAN WYNGAARDEN, 2005. Prioridades de Conservación Biológica para Colombia. Grupo ARCO, Bogotá. 188 pp.

FLÓREZ, V. 2006. Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la distribución espacial de *basileuterus rufifrons* y *b. fulvicauda* (passeriformes, parulidae) en la cuenca del río coello, Departamento del Tolima. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal

FREEMARK, K.; BERT, D. & VILLARD M., 2002. A. Patch -, Landscape -, and regional - Scale Effects on Biota. : En : GUTZWILLER K., J. Applying

Landscape Ecology in Biological Conservation. New York : Springer - Verlag,. p. 58 - 83.

GEIST H., J. & LAMBIN E., F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. : En : *BioScience*. Vol. 52, No. 2; p. 143 - 150.

GONZÁLEZ, P. A. M. 2004. Primeros aportes al conocimiento de la distribución de las aves de la cuenca del río Coello mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), , p.:23. Tesis pregrado (Universidad del Tolima). 112 p.

GUTZWILLER K., J. 2002. Conservation in Human - Altered Lanscapes : Introduction to section III. : En : GUTZWILLER K., J. Applying Landscape Ecology in Biological Conservation. New York : Springer - Verlag. p. 195 – 197.

HALLINGBÄCK, T. & N. G. HODGETTS. 1996. A corollary from the IUCN/IAB workshop: Endangered bryophytes World-wide. *Anales Institute. Biologcal. Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Bot.* 67(1): 223-226.

HARVEY, C., GONZÁLEZ, J. Y E. SOMARRIBA. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Salamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 15: 555-585

HENLE ET AL,. 2004. Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity and Conservation* 13: 207-251. Tomado de: Cayuela L D. Fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas. Efectos sobre la diversidad de árboles.2006. Universidad de Alcalá.Departamento de Ecología. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/> Consultado: Septiembre 15 de 2009

IAvH 2000. Tomado de: Inventarios de Biodiversidad. Instituto Humboldt Disponible en: http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/GEMA_CAP_01_2_ED.pdf Fecha de Consulta: Septiembre 15 de 2009.

KATTAN, et al., 1994. - Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology*, 8(1): 138-146

KNIGHT R., L. & LANDRES P., B. 2002. Central concepts and issues of biological conservation. : En : Gutzwiller K., J. *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*. New York : Springer - Verlag. p. 22 – 33.

KOTLIAR N., B. & WIENS J., A. 1990. Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity. : En : *OIKOS*. Vol. 59 p. 253 - 260.

LINARES, E.L. & J. URIBE-M. 2002. Libro rojo de Briofitas de Colombia. Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, D.C.

LONGLEY et al. 2005. Tomado de: PÉREZ, U. 2008. Fundamentos de un sistema de información geográfica “Introducción – Generalidades de un SIG”. Programa de postgrados. Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos. Universidad Surcolombiana

MARTÍNEZ, N. 2007. Empleo de especies sombrilla en la conservación de la Biodiversidad de la Chinantla, Oaxaca. Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales (Biodiversidad del Neotrópico. Instituto Politécnico Nacional Desarrollo Integral Regional. México. D.F.

METTERNICHT, G. 2006. Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación. *GeoFocus*, N° 6, p.1-10, ISSN: 1578-5157

MONTOYA, A. R., GARCÍA, P. J. *et al.* 2004. Utilización de un SIG para la determinación del impacto ambiental generado por actividades agrícolas, ganaderas e industriales: el caso del valle de Zapotitlán en la reserva de la biosfera de Tehuacán Cuicatlán. *Boletín de la A.G.E* (38): 115-129.

MUÑOZ, B., CAMÍ, A. 2011. Aplicació d'un sistema d'informació geogràfica per a l'estudi de la biodiversitat de coleòpters del parc natural del montseny. Universitat Politècnica de Catalunya

NOSS, 1990. Tomado de: Inventarios de Biodiversidad. Instituto Humboldt
Disponible en:
http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/GEMA_CAP_01_2_ED.pdf Consultado: Septiembre 15 de 2009.

OJEDA, D. et. al. 2006. Ecosistemas del País. Colombia. IDEAM, , 70 p.
Disponible en: www.ideam.gov.co Consultado: Septiembre 15 de 2009

PÉREZ, U. 2008. Fundamentos de un sistema de información geográfica “Introducción – Generalidades de un SIG”. Programa de postgrados. Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos. Universidad Surcolombiana

PÉREZ, U. 2010. Sistemas de información Geográfica: acercamiento conceptual a los SIG. Programa de postgrados. Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos. Universidad Surcolombiana

RACERO - CASARRUBIA. 2008. Determinación de coberturas vegetales y análisis de conectividad en tres microcuencas de la zona cafetera del Corregimiento de Palmitas, Municipio de Medellín, Colombia.

RAMOS, Z. 2004. Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: estrategia para el diseño de herramientas de conservación de la biodiversidad. Tesis (Mag. Sc). CATIE. Turrialba. CR

RANGEL-CH., J.O. 2000a. La Megadiversidad biológica de Colombia: ¿Realidad o Ilusión? En: J. Aguirre (ed.) Memorias del Primer Congreso Colombiano de Botánica (Versión en CD-Rom) Bogotá, D.C.

RANGEL-CH., J.O. 2000b. Flora y vegetación amenazada. Pp. 785-813. En: J.O. Rangel- Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica III: La Región de vida Paramuna. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.

RANGEL-CH., J.O. 2004. Amenazas a la biota y a los ecosistemas del Chocó biogeográfico. En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia Diversidad Biótica IV. El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica: 841-866. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, D.C.

RENJIFO, L.M., 1999. - Composition changes in Subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology*, 13 (5):1124-1139.

RESTREPO, C., N. GÓMEZ & S. HERRERA. 1999. Anthropogenic edges, treefall gaps, and fruit frugivore interactions in a neotropical montane forest. *Ecology* 80: 668 – 685

RESTREPO, H., ROMERO, M. 2008. Distribución y modelación de hábitat de oso andino y danta de montaña en el macizo colombiano. En: Proyecto Conservación de los Páramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano

RIBON, R.; SIMON, J.E. & DE MATTOS. G.T., 2003. - Birds extinctions in Atlantic forest fragments of the Viçosa region, southeastern Brazil. *Conservation Biology*, 17(6): 1827-1839.

RODRÍGUEZ, J. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda, Colombia

RODRÍGUEZ, J. 2007. Efecto de la fragmentación del hábitat en la estructura poblacional del mono congo (*Alouatta palliata*) y del mono carablanca (*Cebus capucinus*) en el Refugio de Vida Silvestre Privado Nogal, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

SALAMAN et al, 2002. Tomado de: GONZÁLEZ, P. A. M. 2004. Primeros aportes al conocimiento de la distribución de las aves de la cuenca del río Coello mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), , p.:23. Tesis pregrado (Universidad del Tolima). 112 p.

STOUFFER, P. & BIERREGAARD. R. Jr., 1995a. - Use of Amazonian forest

fragments by understory insectivorous birds. *Ecology*, 76(8): 2429-2445. Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, 9(5): 1085-1094.

TAIBO, F. 2009. GeoTextura. Una arquitectura software para la visualización en tiempo real de información bidimensional dinámica georreferenciada sobre modelos digitales 3D de terreno basada en una técnica de mapeado de texturas virtuales. Tesis Doctoral. Universidad da Coruña. Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría.

TERBORGH Y WESKE, 1975. Tomado de: GONZÁLEZ, P. A. M. 2004. Primeros aportes al conocimiento de la distribución de las aves de la cuenca del río Coello mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), , p.:23. Tesis pregrado (Universidad del Tolima). 112 p.

TRANI Y GILES, 1999. Tomado de: Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Estado de San Luis de Potosí. Mexico. Disponible en:
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/slp/estudios/2007/24SL2007V0007.pdf> Consultado: Octubre 18 de 2009.

WYNGAARDEN, W. VAN Y M. FANDIÑO-LOZANO. 2007. FOCALIZE 1. User Manual. Grupo ARCO, Bogota. 44 pp. Tomado de: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA CAM. 2008. Plan General de Ordenamiento Forestal del Huila PGOF. Pitalito, 13 p.

ANEXOS

Anexo 1. Integración del SIG al software ESRI ArcGIS

✓ ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el manejo, estructuración y análisis de la información cartográfica, necesaria para el desarrollo del SIG, se definió la estructura de almacenamiento de la información en diferentes directorios a ser utilizados e implementados en el SIG. Figura 1.



Figura 1. Esquema general de almacenamiento de información

Capas PNMP

En esta carpeta se encuentran la información base del PNMP recopilada del Plan de Ordenamiento Territorial POT, Plan de Manejo Ambiental de PNMP, entre otros.

Coberturas

En esta carpeta se encuentran la información de las coberturas de la tierra evaluadas. Dichas coberturas corresponden a los años 2000 y 2009, suministradas por la CAM.

Geodatabase

En esta carpeta se encuentra la personal geodatabase donde se encuentra almacenada la información según el modelo y diccionario de datos suministrado por la CAM.

Localización

En esta carpeta se encuentra la información utilizada para realizar la localización del área de estudio en los mapas.

Logos

En esta carpeta se encuentran los logos de las entidades participantes en el desarrollo del proyecto; en este caso los logos de la Universidad Surcolombiana, CAM.

Mxd

En esta carpeta se encuentran los mapas desarrollados en ArcMap, para visualizar la información desarrollada en el proyecto.

Raster

En esta carpeta se encontrara la información en formato raster (Imágenes de satélite, fotografías aéreas, modelo digital, etc.) utilizados en el desarrollo del proyecto.

Rutas

En esta carpeta se encontraran las diferentes rutas para las especies focales estudiadas, así como las rutas de reconocimiento de campo.

✓ BASE DE DATOS GEOGRÁFICA - GEODATABASE

La base de datos geográfica desarrollada para el proyecto se almacenó en una personal geodatabase llamada **PNMP**, la cual se realizó teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el documento de diseño Sistema de Información Geográfica de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena “SIGCAM”, 2006. Figura 2.

En el anexo “*Diccionario_datos*” se especifican los diferentes elementos que conforman la geodatabase y su estructura interna.

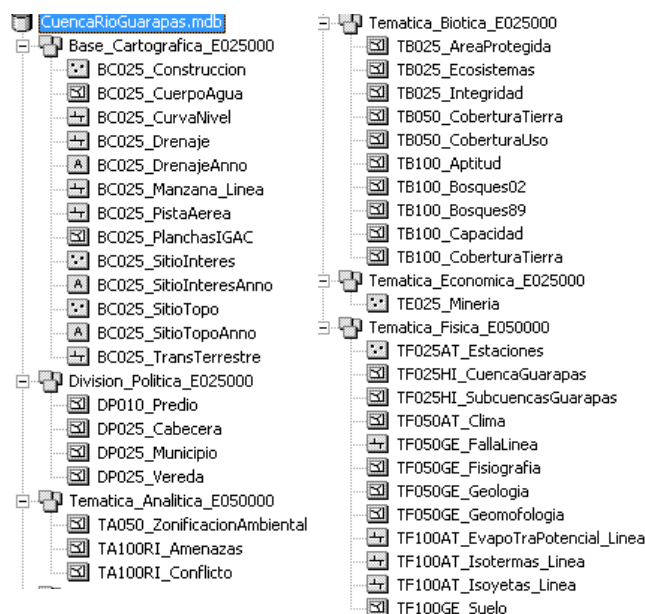
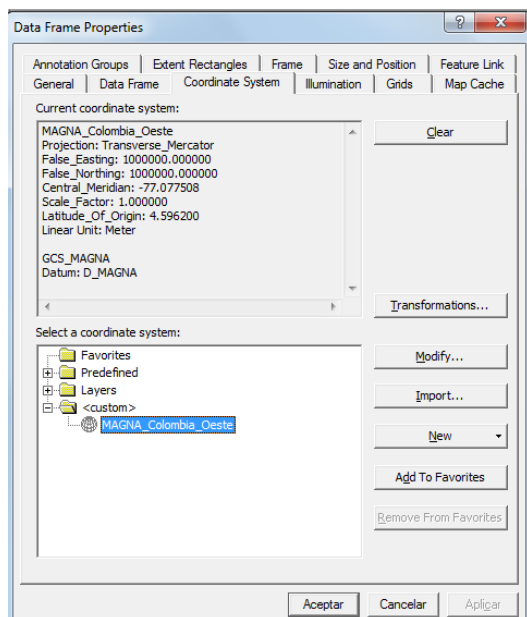


Figura 2, Estructura de la geodatabase (adaptado del POMCH del Rio Guarapas, 2009)

Sistema de referencia



Se adoptó el sistema de referencia utilizado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), (ver figura 3) para cada uno de los dataset estructurados en la geodatabase.

Se trabajó en coordenadas planas con el fin de facilitar el manejo de áreas y longitudes puesto que las unidades son metros.

Figura 3, Sistema de coordenadas

Origen de coordenadas

El anterior sistema de coordenadas tiene como origen el meridiano central -77.077508 W, el cual corresponde al origen Quibdó según la grilla de coordenadas manejada por el IGAC. Figura 4.

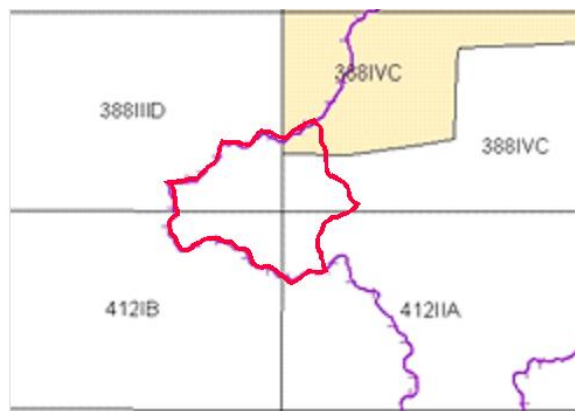


Figura 4, Planchas 1:25.000 del IGAC

Las planchas a escala 1: 25.000 según clasificación del IGAC son: 388-III-D, 388-IV-C, 412-II-A, 412-II-B.

Es de anotar que solo se tiene información para las planchas 388-IV-C, 412-II-A. Para complementar la información en la parte alta, se generaron los drenajes y curvas de nivel, con base en el modelo digital de elevación (DEM - SRTM de la NASA con resolución de 30 mts).

La estructura de cada uno de los temas adicionados en el modelo de datos se explica en el documento “*Diccionario_datos*”.

Recopilación de información

Para el proceso de recolección de información cartográfica se tuvo en cuenta varias fuentes, de las cuales se discriminaron dos clases; Básica y Temática.

Cartografía básica

Para la compilación, estructuración, edición y consolidación de la cartografía básica, se tuvieron en cuenta diversas fuentes; tales como:

- Cartografía base del IGAC, escala 1: 25.000
- Información suministrada por la CAM
- Cartografía base del POT del municipio de Pitalito, Huila año 2007, escala 1: 25.000
- Trabajo de campo

Cartografía temática

Para la compilación, estructuración, edición y consolidación de la cartografía temática, se tuvo en cuenta varias fuentes; tales como:

- Cartografía base del POT del municipio de Pitalito, Huila año 2007, escala 1: 25.000.
- Imagen Spot
- Trabajo de campo

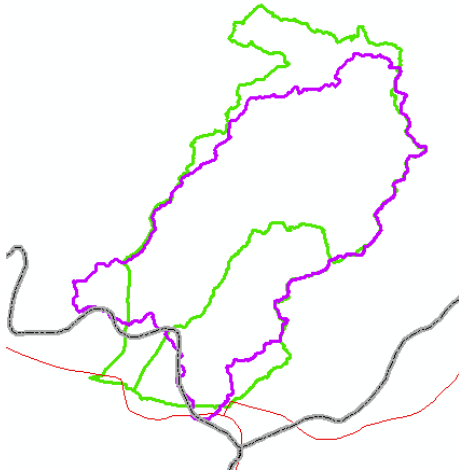
Como fueron varias las fuentes de información, la misma tuvo diferentes procesos de edición para luego consolidarla en el modelo de datos (Geodatabase). A continuación se describen los diferentes procesos:

- Para la información recolectada en formato dwg (Autocad); primero se guardo como dxf (archivo de intercambio); luego se convirtió en cobertura de ArcInfo, se editó y estructuró, luego se exportó a Shapefile; para finalmente ser incorporada en la geodatabase.

- Para la información recolectada en formato Shapefile; primero se verificó la consistencia topológica, si era el caso se editaba y estructuraba; para finalmente ser incorporada en la geodatabase.

Una vez se obtenía la información, esta era estructurada y almacenada en el modelo de datos (Geodatabase)

División Político – Administrativa



El área de estudio, presenta en la actualidad problemas limítrofes con el departamento del Cauca; estas zonas se encuentran en litigio.

El límite gris, es el oficial del IGAC, para escala 1: 500.000.

El límite rojo, era oficial del IGAC, MDI (Modelo digital Integrado), para escala 1: 750.000

El límite verde, es el utilizado por la CAM.

Figura 5, Problema de límites departamentales

Se optó por dejar para el estudio de la cuenca de Guarapas, la información suministrada por la CAM; puesto que con estos límites se ajusta la información veredal.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE LA BASE DE DATOS PRELIMINAR DEL SIG.

Para el desarrollo de esta etapa se contó con las diversas aplicaciones del Software ESRI ArcGIS 9.3, las cuales son descritas a continuación:



– ArcMap – Aplicación para entrada de datos, búsquedas estadísticas y geográficas, además de output (mapas impresos)



– ArcCatalog – Herramienta para organizar y documentar los datos geográficos (metadata).



– ArcToolbox – Se usa para el geoprocesamiento: combinar capas de información, manipulación de los datos definición y transformación de sistemas de coordenadas, y otros. Ahora la versión 9.0 integra a ArcToolbox dentro de ArcMap.

– Funcionalidad: El producto ArcGIS tiene varios niveles:

ArcGISArcView –Provee la menor funcionalidad de tipo GIS dentro de esta plataforma. Se puede vusar para digitalizar, manipular capas de información, geoprocesamiento con funcionalidad limitada y creación de Geodatabases personales de limitada funcionalidad.

ArcGISArcEditor – Contiene toda la funcionalidad de ArcView además de otras opciones para la creación de geodatabases (personales y compartidas) con definición topológica y comportamiento (behavior).

ArcGISArcInfo – Posee toda la funcionalidad anterior además de toda la gama de funcionalidades de geoprocesamiento existentes en las antiguas versiones de ArcInfo: coberturas, geodatabases (personales y compartidas), shapefiles, importación y exportación de múltiples formatos, etc.

✓ **Recopilación de la Información.**

Una vez descritas las herramientas utilizadas, se procedió a la recopilación de información. Aquí se conto con información proveniente de la CAM, El Plan de Ordenamiento Territorial, Información Base de EMPITALITO ESP, entre otras fuentes.

- Generación de Capas De Información

Layers o capas de información geográfica – Un layer es una referencia a un archivo físico existente en algún lugar dentro de la base de datos SIG o archivo separado. Sirve para guardar maneras de mostrar la información mediante esquemas de colores, símbolos...

El menú Layer Properties tiene las siguientes funciones: Source: Definir la referencia física del archivo. General: Definir cómo se muestra el mapa mediante escalas. Selection: Cambiar la forma de mostrar datos seleccionados. Symbolology: Escoger los símbolos para representar datos Escoger cuáles campos o atributos asociados al archivo quiero mostrar, mostrar un campo en particular, cambiar el modo de visualizar los datos en cada campo numérico. Labels: Definir cómo mostrar los labels o etiquetas. Definition query: Seleccionar cuáles datos deseo visualizar. Joins & Relates: Definir cómo y a cuales tablas o datos de referencia puedo relacionar a un layer en particular.

Un layer es manipulado mediante este menú de contexto diseñado para estos fines. Cada pestaña (tab) tiene funciones que sirven para diferentes tareas.

En las siguientes imágenes se presentan las capas o layers creados:

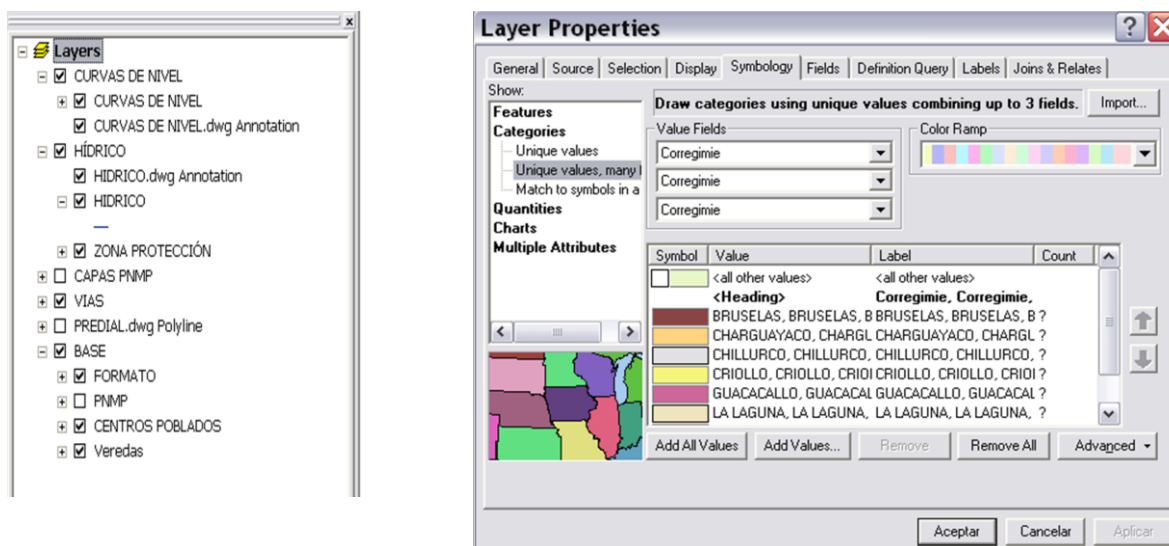


Figura 6 y 7. Presentación de las capas o layers utilizadas

El menú **Layer Properties** tiene las siguientes funciones:

Source: Definir la referencia física del archivo.

General: Definir cómo se muestra el mapa mediante escalas.

Selection: Cambiar la forma de mostrar datos seleccionados.

Symbology: Escoger los símbolos para representar datos. Escoger cuáles campos o atributos asociados al archivo quiero mostrar, mostrar un campo en particular, cambiar el modo de visualizar los datos en cada campo numérico.

Labels: Definir cómo mostrar los labels o etiquetas.

Definition query: Seleccionar cuáles datos deseo visualizar.

Joins & Relates: Definir cómo y a cuáles tablas o datos de referencia puedo relacionar a un layer en particular.

En la siguiente imagen se presenta en detalle las capas utilizadas y como pueden ser visualizadas en la Aplicación ArcMap.

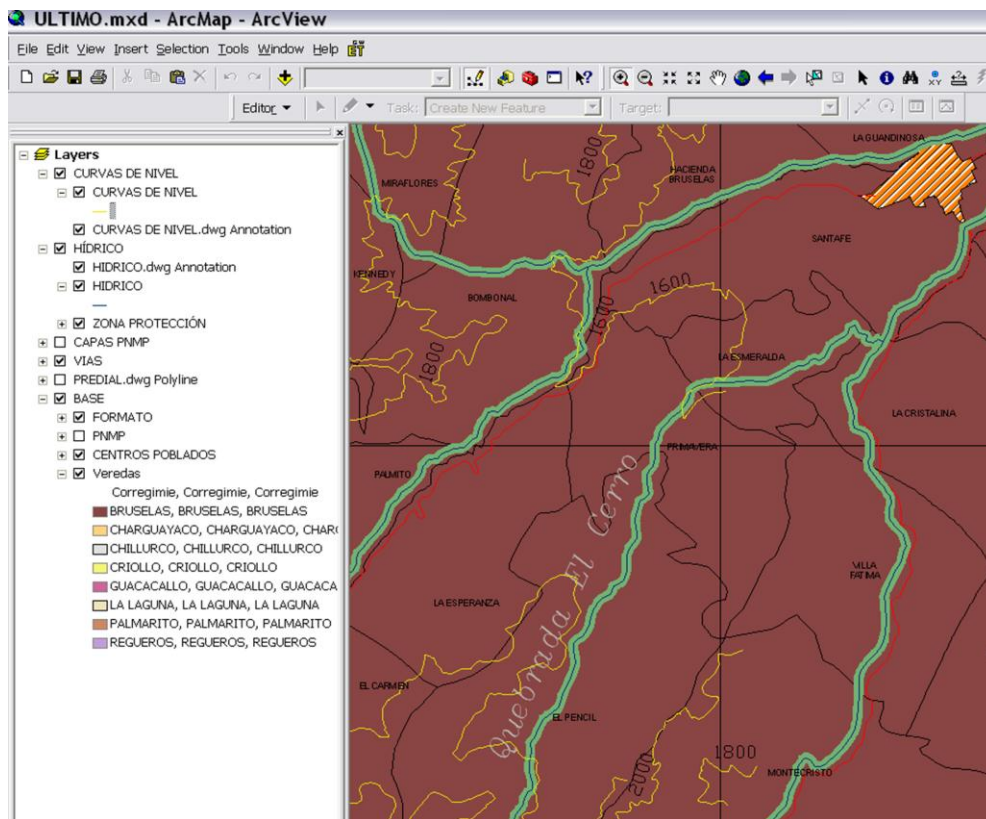


Figura 8. Vista en Detalle de las Capas utilizadas.

En la imagen anterior se observan algunas veredas del Corregimiento de Bruselas, Municipio de Pitalito, con sus respectivas fuentes hídricas y su zona de recarga, así como las curvas de nivel.

Es importante resaltar que la Aplicación ArcMap tiene funcionalidad para añadir labels (etiquetas) a los elementos geográficos. Provee funcionalidad para etiquetar desde la tabla de atributos, o manualmente.

Además se puede cambiar características tales como tamaño, mayúsculas, color, etc. Las etiquetas pueden ser guardadas en formato "geodatabase annotation feature" para uso posterior.

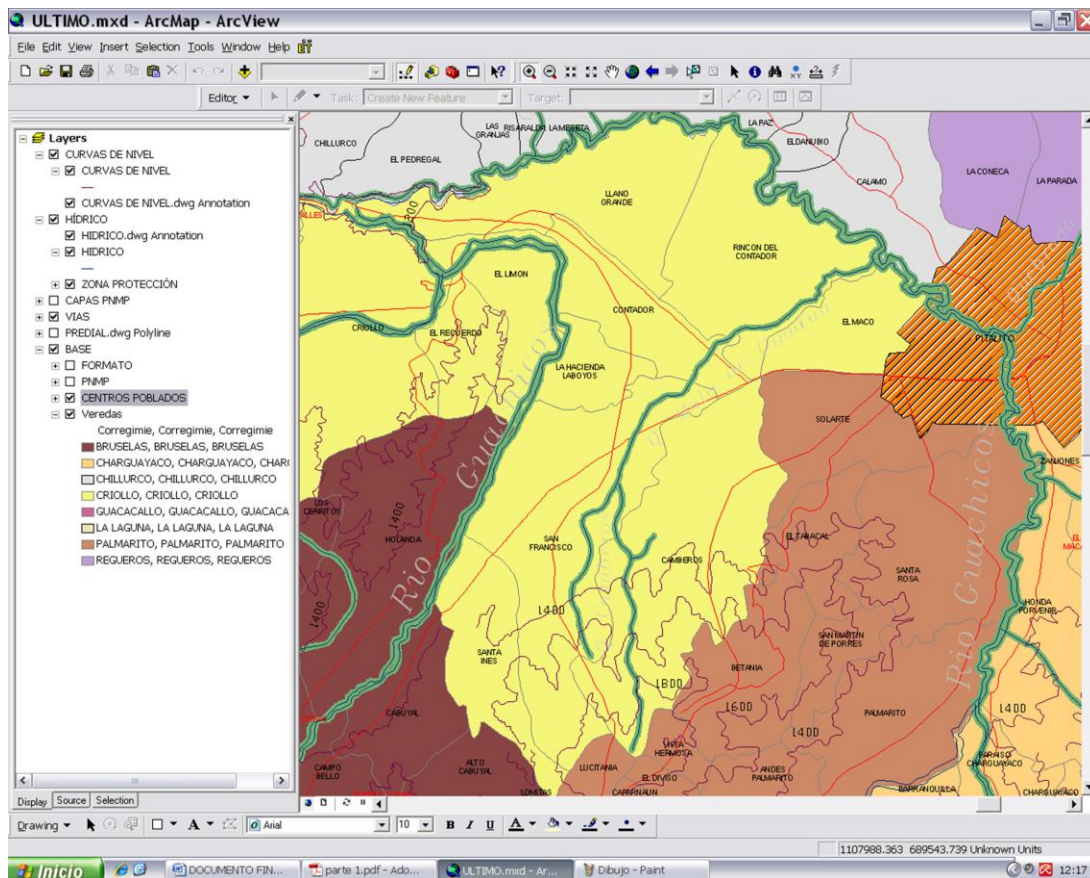


Figura 9. Vista en Detalle del Corregimiento de Criollo

Depuración, Organización y Clasificación de la Información.

En esta fase se fueron organizando los datos obtenidos de la información secundaria. Aquí se depuraron los datos que no deseados. En la siguiente Tabla se presenta la fase de manipulación de datos con la Herramienta ArcCatalog de ESRI ArcGIS 9.3

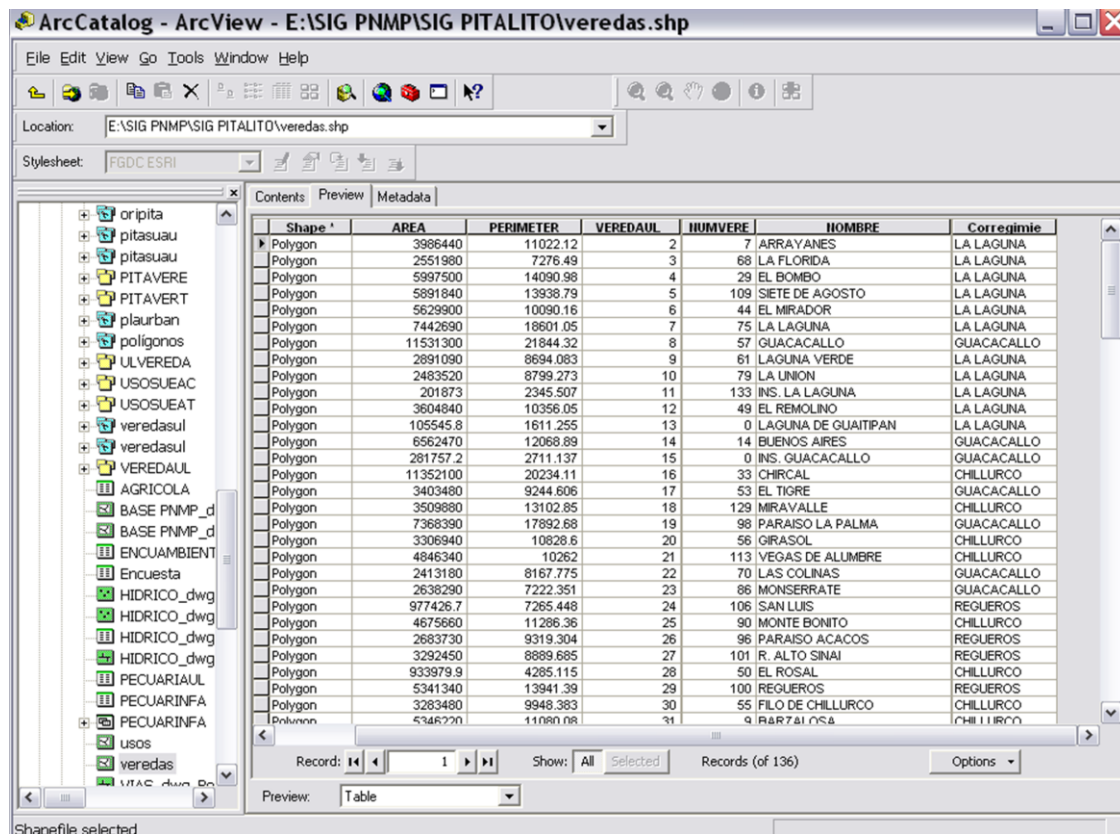


Figura 10. Depuración de Datos en ArcCatalog.

✓ DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA S.I.G

Herramientas para seleccionar datos

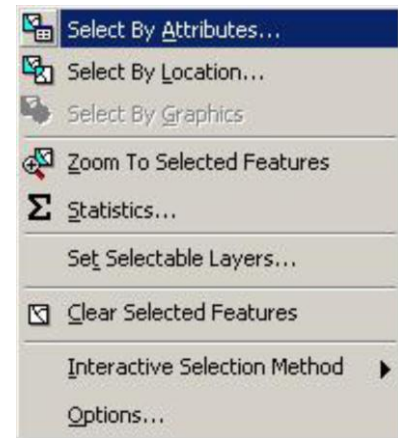
– Seleccionar es muchas veces necesario por varias razones. Por ejemplo:

- Exportar datos
- Producir informes
- Seleccionar para una subselección
- Reenfoque de áreas
- Computar resúmenes estadísticos
- Digitalizar



Selección interactiva:
Incluye varias opciones tales como

- Nueva selección (New selection)
- Añadir a la selección (Add to current selection)
- Quitar de la selección (Remove from current selection)
- Selecciona entre lo seleccionado (Select from current selection)



En la siguiente imagen se presenta un ejemplo de la selección de por atributos.

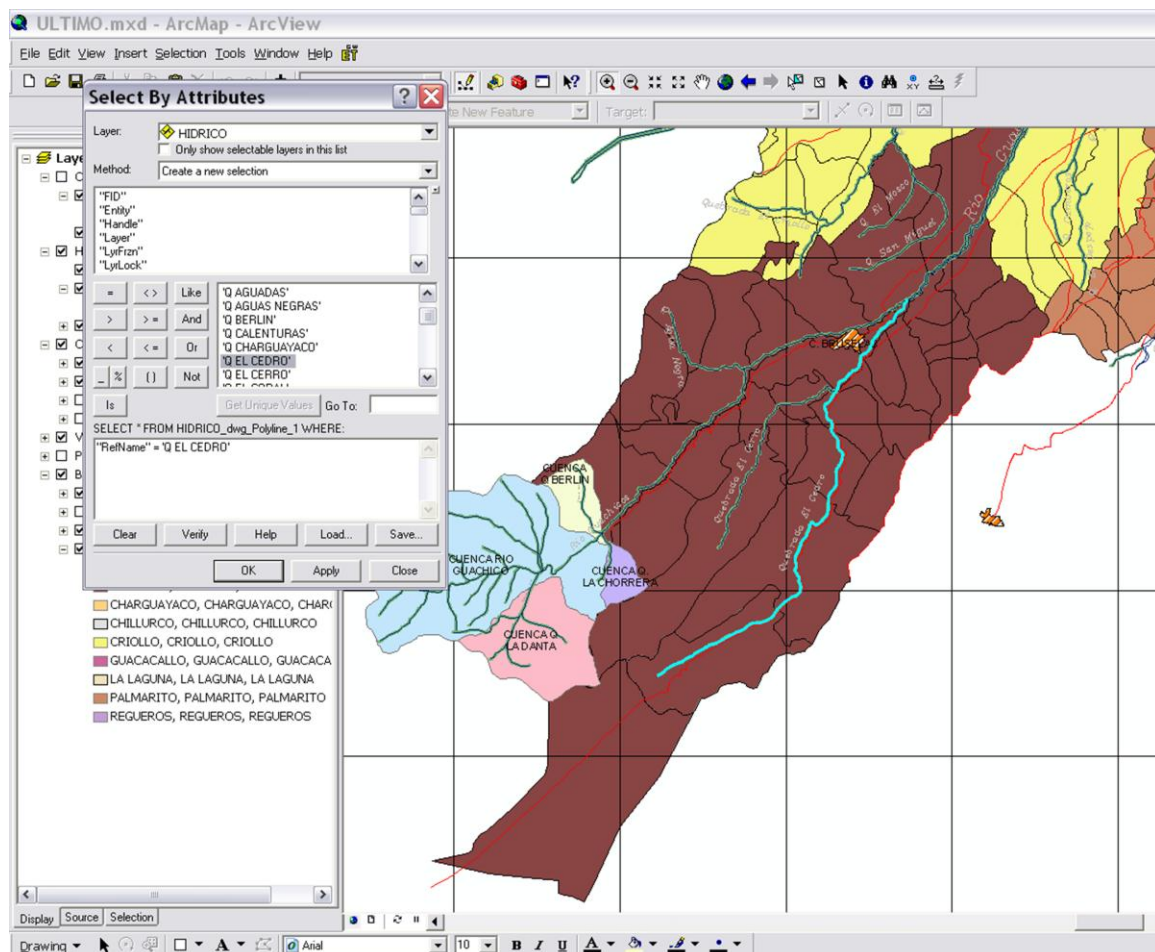


Figura 11. Selección por Atributos

Esta selección utiliza un lenguaje SQL, tal como se evidencia en la siguiente imagen:



Operadores

- **Or:** Es incluyente: Selecciona tanto uno como el otro.

- **And:** La aseveración tiene que ser cierta en ambos lados del operador

- **Like:** Se usa para campos textuales: ej. "Municipio" LIKE 'San%'

selecciona todos los municipios cuyos nombres comiencen con 'San'. El

caracter especial '%' le dice al procesador SQL que seleccione cualquier

cosa después del 'San': **San** Germán, **San** Sebastián, **Santa** Isabel, **San**

Juan...

- **Not:** Negación. Ej: "MUNICIPIO" not LIKE 'C%' me trae todos los municipios que no

comienzan con la letra 'C'.

- **=:** se usa tanto para texto como para campos numéricos.
- **<>:** No es igual. Se usa tanto para texto como para campos numéricos

- **>:** Mayor que. Se puede usar con texto también:
"MUNICIPIO" > 'C%' trae todos los récords que comienzan con la letra C en adelante. Trae todos los municipios con C, porque ninguno se llama 'C'. Si alguno se llamase 'C', quedaría excluido.

- **<:** Menor que. Se puede usar con texto también:

"MUNICIPIO"< 'C%' trae todos los municipios con nombre que comienzan desde la A hasta la C.

- **>=** Mayor igual

- **<=** Menor igual

- **_ o ? Underscore.** Es útil para búsquedas en cadenas de caracteres como nombres: "NAME" = 'Li_a' puede traer nombres como 'Lisa', 'Liza',

‘Lixa’, ‘Lija’, etc. Para buscar texto en geodatabases usar caracter ‘?’ en vez del ‘_’

- %: Se explicó en LIKE.
- IS: Se usa generalmente para buscar records en campos vacíos: “MUNICIPIO” IS NULL traería records en donde el campo MUNICIPIO esté vacío.
- () Se usa para cerrar una parte de la expresión la cual se tiene que tratar como una unidad.

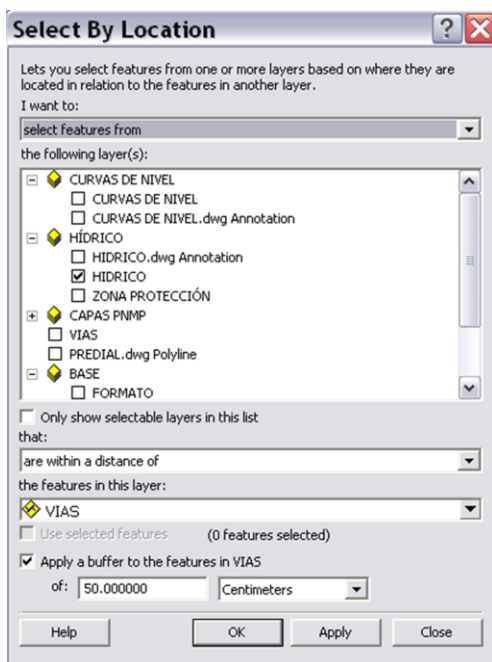


Figura 12. Selección por Locación

Select by location: Múltiples opciones:

- Intersects
- Contains
- Are contained by
- Shares a line segment with
- Touch the boundary of
- Within a distance
- Are identical to
- Have their center in
- Are crossed by the outline of
- Todas contienen diagramas que cambian según el contexto o el tipo de representación de los datos (punto, línea, polígono)

Para el caso del Parque Natural del Municipio de Pitalito, se incluyeron en el SIG las cuencas de las Quebradas La Chorrera, Quebrada La Danta, El Berlín, así como la del Río Guachicos, tal como se presenta en la siguiente imagen.

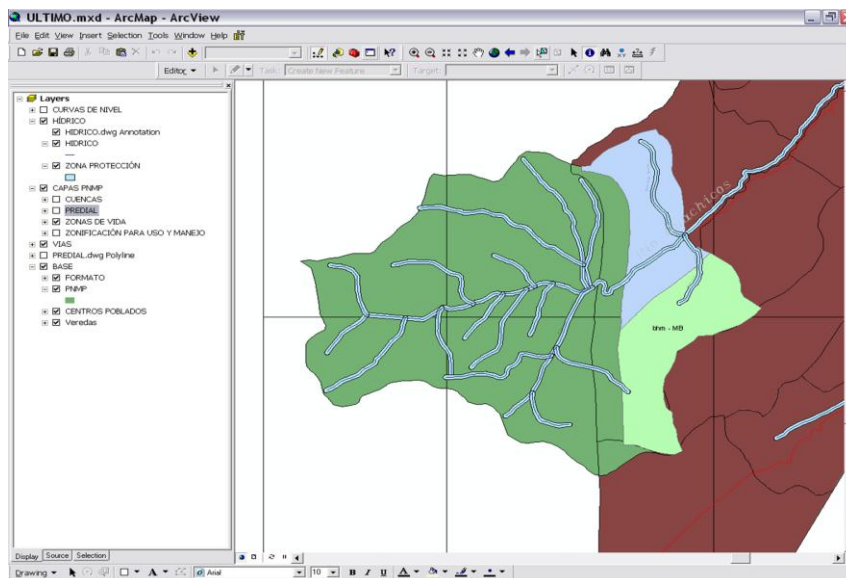


Figura 15. PNMP con Zonas de Vida.

Igualmente se incluyó la Zonificación Ambiental del PNMP

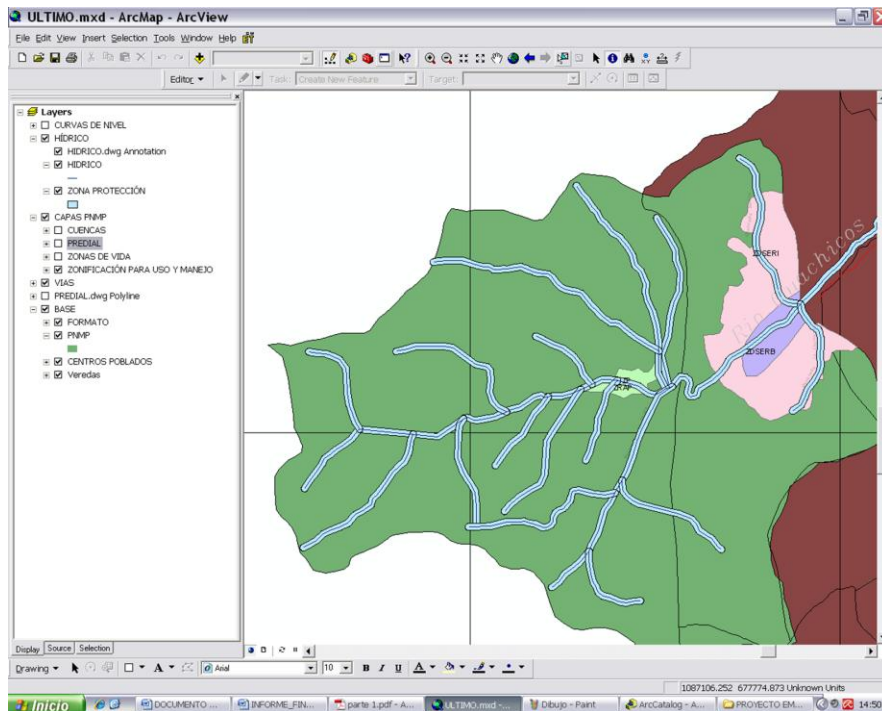


Figura 16. Zonificación Ambiental

MANIPULACIÓN DE TABLAS

Tablas:

- Contienen información descriptiva asociada a los elementos geográficos contenidos en la capa de información. Las tablas también se asocian a otras tablas

- Estructura:

- Las tablas se componen de filas y columnas. Las filas corresponden a los récords asociados a elementos del mapa o capa de información. Las columnas contienen los campos o los distintos tipos de información descriptiva para cada uno de los records.

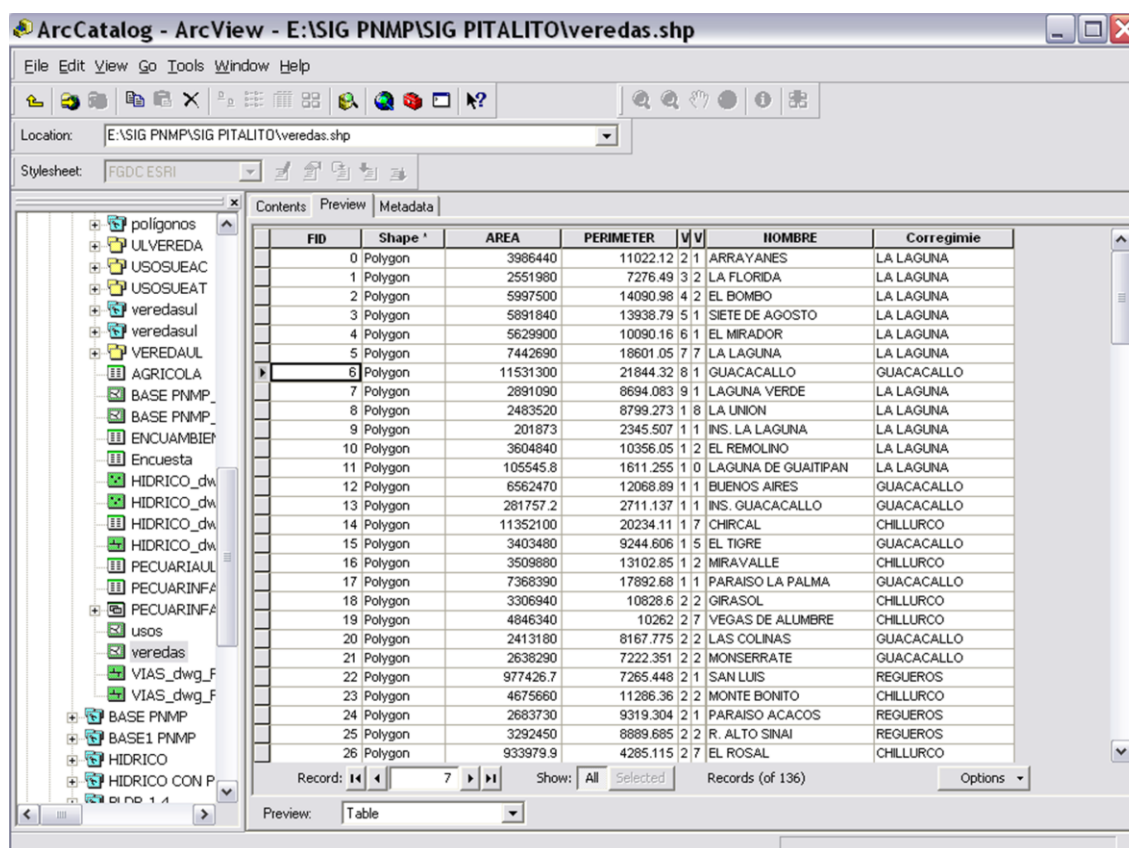


Figura 17. Manipulación de Tablas de la Capa Veredas.

Las bases de datos deben ser eficientes para un manejo más ágil. Por lo general, una base de datos debe ser planificada con antelación a la entrada de datos. Lo mismo se aplica para bases de datos de carácter geográfico. Se recomienda

escoger el tipo de datos adecuado para representar los datos y se debe eliminar todo tipo de repetición de datos en las tablas. Este proceso se le conoce como normalización.

A partir de las Tablas, se pueden generar Gráficos, como se presenta a continuación:

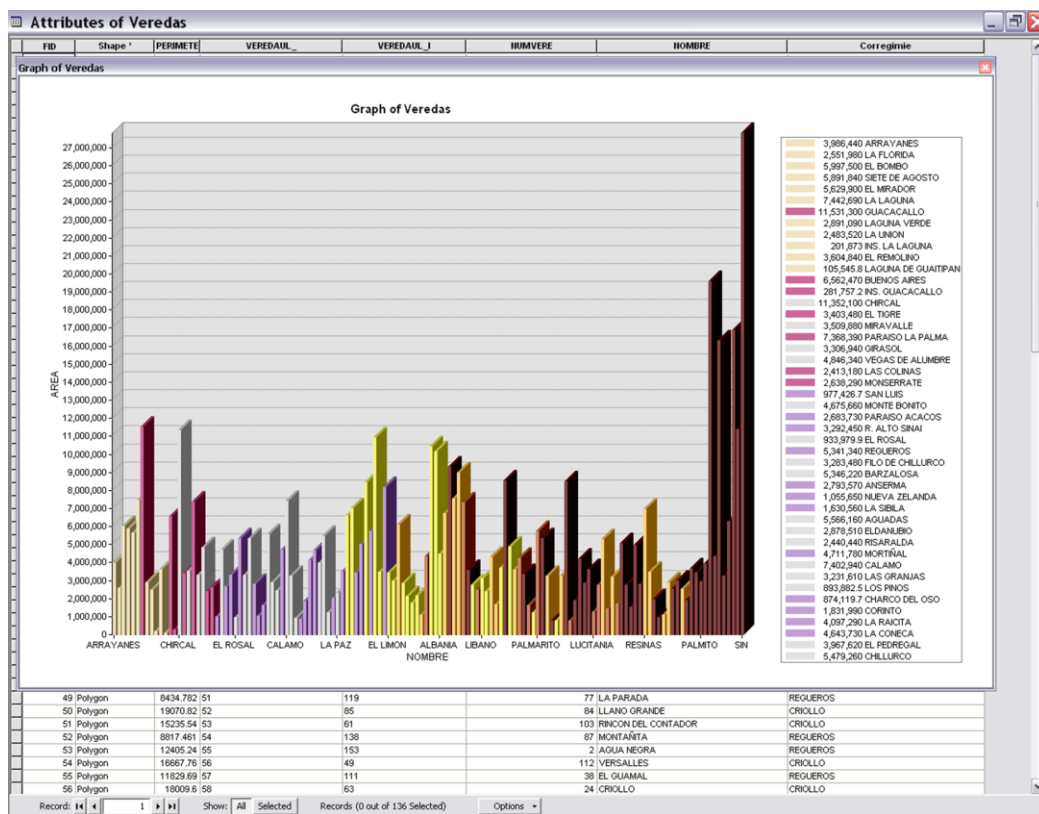
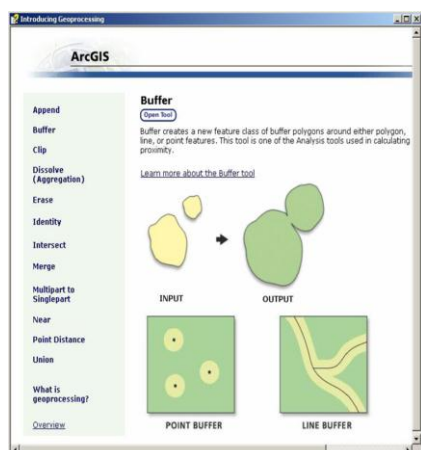


Figura 18. Gráfico de Veredas con mayor Área en el Municipio de Pitalito.

✓ CREACIÓN DE BUFFERS



Los Buffers son una herramienta para análisis de distancia y proximidad. Trabaja con líneas, puntos y polígonos

Las aplicaciones son principalmente para seleccionar/quitar elementos según los límites

basados en distancias: corredores de carreteras, reglamentación del terreno y otros.

Por último, para nuestro caso, un ejemplo es la zona de protección de las fuentes hídricas, la cual abarca 50 metros a cada lado de los cauces. A continuación se presenta imágenes de esta aplicación en el SIG.

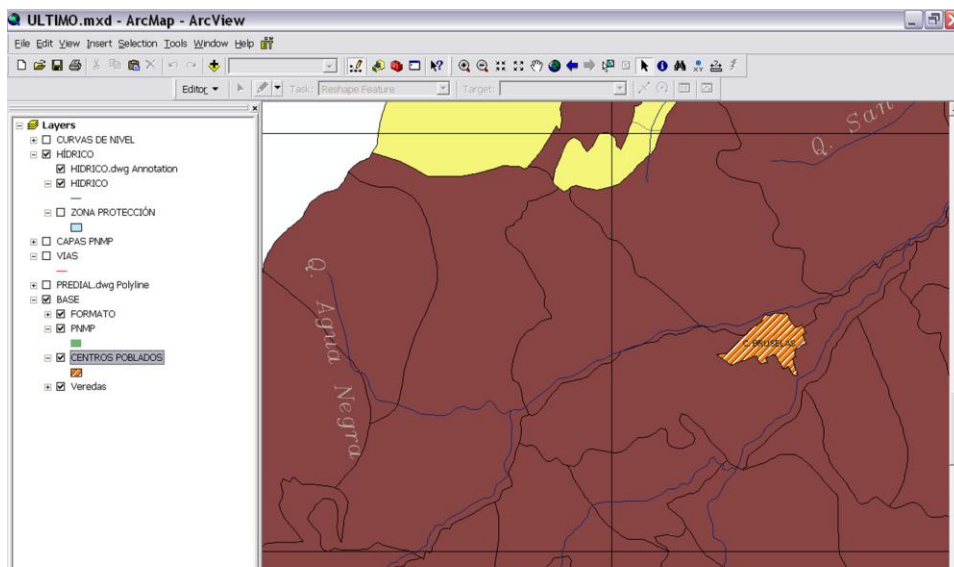


Figura 19. Fuentes Hídricas sin Zona de Recarga

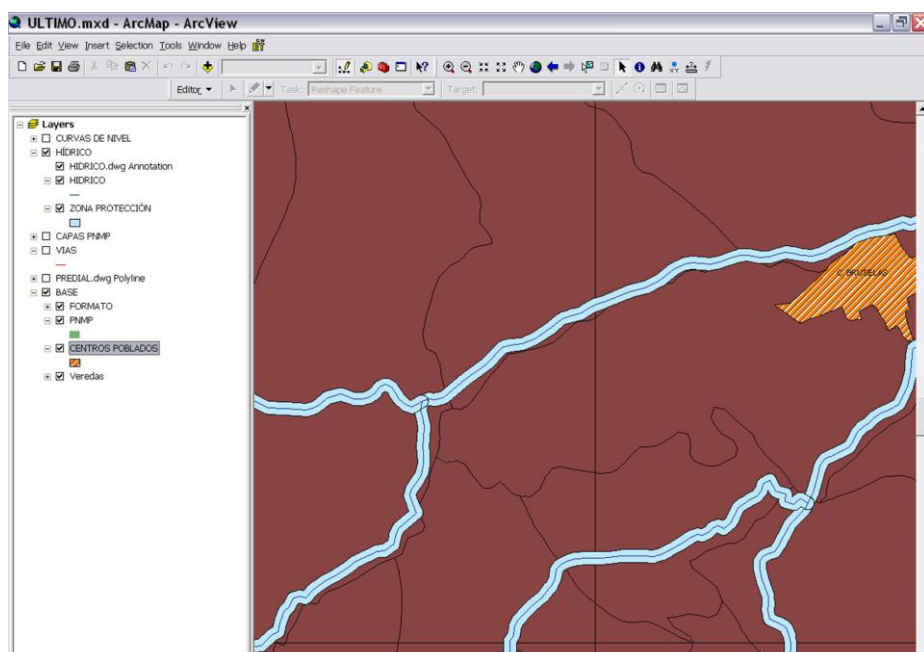


Figura 20. Fuentes Hídricas con Zona de Recarga

Anexo 2. Integración del SIG al software Google Earth

Google Earth es un aplicación que se ha de instalar en local en un ordenador personal, está desarrollado para varios sistemas operativos: Windows, Linux, Mac, y que permite mediante una conexión abierta a Internet visualizar: ortoimágenes, modelo digital del terreno y otra información espacial de todo el planeta. Posee un sistema de navegación mediante unos sencillos controles para manejar el punto de “visión”, además añade un potente motor de búsqueda e incluso un buscador de rutas.

La rápida respuesta de la información, que es lo que determina la potencialidad de la aplicación, es debido a la multitud de servidores distribuidos por todo el mundo que están proporcionando datos de forma inmediata a todas las peticiones que se realizan.

Detrás de todo esto, está la infraestructura que tiene Google en cuanto a servidores y motores de búsqueda. En función de la zona que se esté visualizando, ámbito de coordenadas, y del grado de zoom, la resolución y la calidad de la imagen mostrada será distinta. Cuanto más desarrollado sea un país, o una zona este más poblada, o tenga un interés especial, normalmente la resolución y el grado de detalle al que podemos llegar será mucho mayor.

Normalmente en los grandes núcleos de población, y en la zona de costa, a nivel nacional es donde mayor calidad de imagen se tiene. Siempre aparece la información del suministrador o suministradores de los datos en la parte inferior central de la imagen. Las imágenes pueden ser mostradas sobre una superficie 3D, modelo digital del terreno, que también proporciona el sistema, con esto logramos apreciar la orografía del terreno, diferenciar valles y montañas, incluso variando el factor exageración vertical poder apreciar mejor el relieve del terreno. Esto proporciona un atractivo añadido a la imagen dando un aspecto más real al resultado. Sobre esta base “cartográfica” (modelo digital del terreno más ortoimágenes) se puede añadir información espacial de distinto tipo:

Esta información ha de estar contenida en ficheros escritos en lenguaje KML, variedad de lenguaje xml con una sintaxis específica que permite la construcción de objetos espaciales:

- KML : Fichero ASCII.
- KMZ : Fichero KML comprimido

Los objetos puntuales, lineales, superficiales, 3D e imágenes, que se pueden representar con este lenguaje han de estar en coordenadas geográficas en el sistema de referencia WSG84, y se pueden representar con distintos estilos, colores y transparencias.

Para la integración de la información y en especial la generación de cada una de las capas, fue necesario utilizar las herramientas superposición de imágenes y marcas de posición, de acuerdo con la información recopilada, la base de datos generada, su posterior georreferenciación y validación en campo.

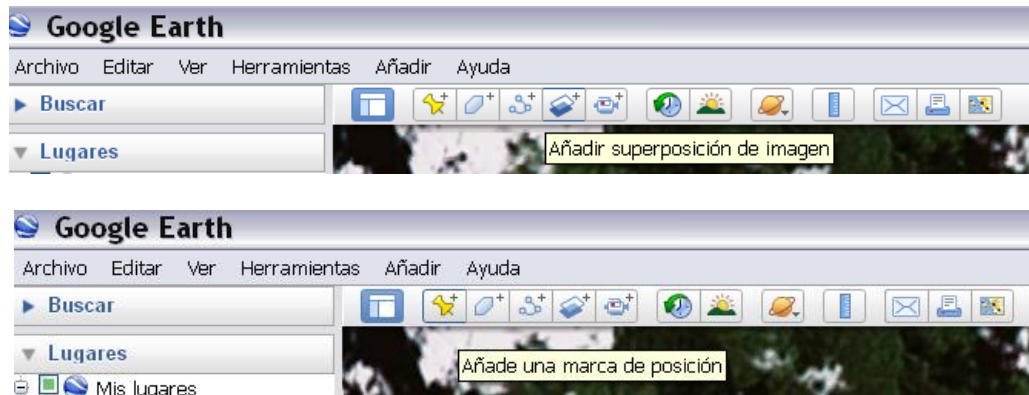


Figura 21 y 22. Herramientas utilizadas creación del SIG Google Earth.

Para insertar imágenes al SIG se utilizó la herramienta marca de posición teniendo como base el punto previamente georreferenciado.

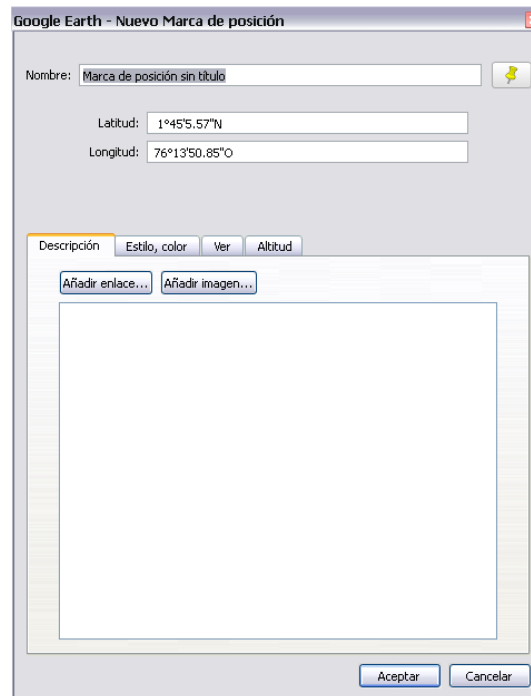


Figura 23. Herramienta marca de posición utilizada en el SIG Google Earth.

Para el caso de las imágenes, en la pestaña descripción, y una vez cargadas las imágenes en un sitio web, se hizo el llamado a través de funciones, en lenguaje html, y así obtener los resultados deseados.

A continuación se presenta el modelo html, aplicado para la inserción de imágenes en el SIG google earth.

```
<body bgcolor="#ffffff">
<div align='center'>
<table width="500" border="0" cellspacing="8" cellpadding="0" bgcolor="#006757" height="188">
<tr height="61"><td colspan="2" align="center" valign="middle" bgcolor="white" height="75"
background="http://1.bp.blogspot.com/-
p7pfl0CyUZM/TeaoSEjv_tI/AAAAAAAAAAo/H4B36flagLc/s1600/CARATULA.JPG"></td></tr>
<tr><td colspan="2" bgcolor="#738e73"><center>
</center></td></tr>
<tr><td valign="top" bgcolor="#339999" width="399"><font size="3" color="#99ffff" face="Helvetica,
Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif">Parque Natural Municipal de Pitalito,</font><font size="2"
color="#660000" face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif"> </font><font size="2"
color="white" face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif">-Ruta Sendero CAM, Pitalito,
Huila - Colombia. Abril de 2010</font><font size="2" color="#660000" face="Helvetica, Geneva, Arial,
SunSans-Regular, sans-serif"><br>
<font size="2" color="#003300" face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif"><i><span
class="style5"><br><b>Visite el Blog: <a
href="http://www.mashiram.blogspot.com">http://www.mashiram.blogspot.com</b></a></span></i></font>
</td>
<td align="center" valign="middle" bgcolor="#339999"><p align="center"></p></td></tr>
</table>
</div>
</body>
```

Es de anotar que se creó un diseño base, del Parque Natural Municipal de Pitalito PNMP, con su respectivo logo, membrete e integración de información de campo de las fotografías y videos tomados.

En las siguientes imágenes se aprecia el resultado obtenido:

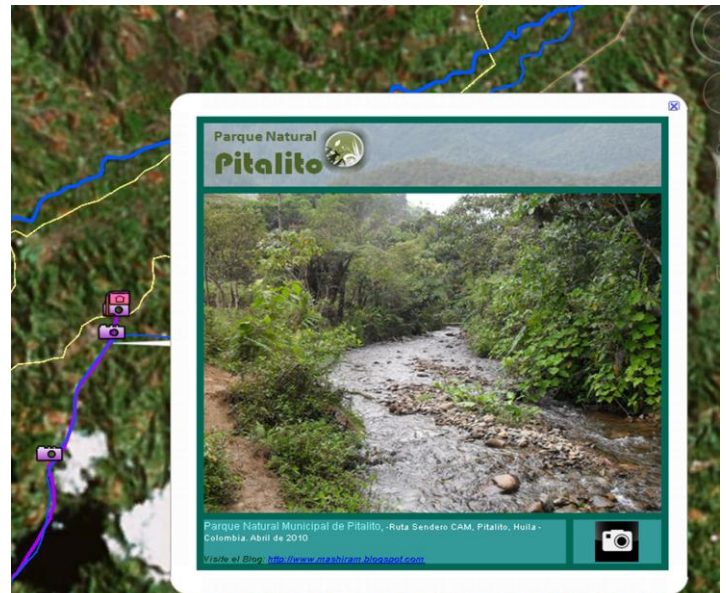
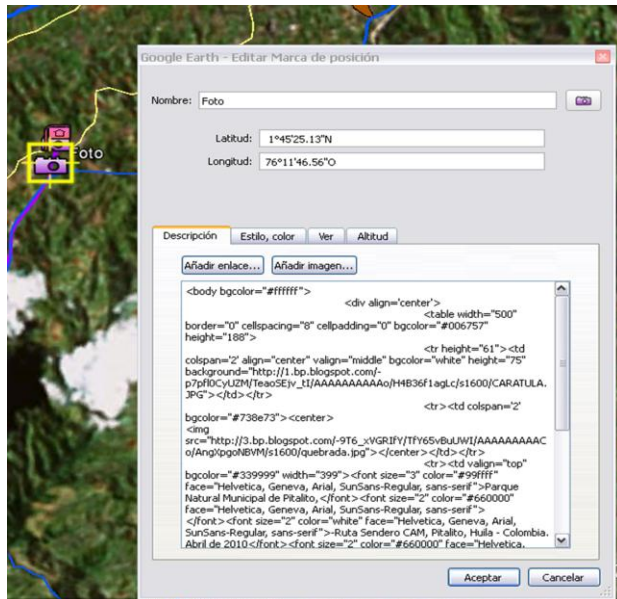


Figura 24 v 25. Inserción de fotografía Ruta Sendero CAM al SIG Google Earth.

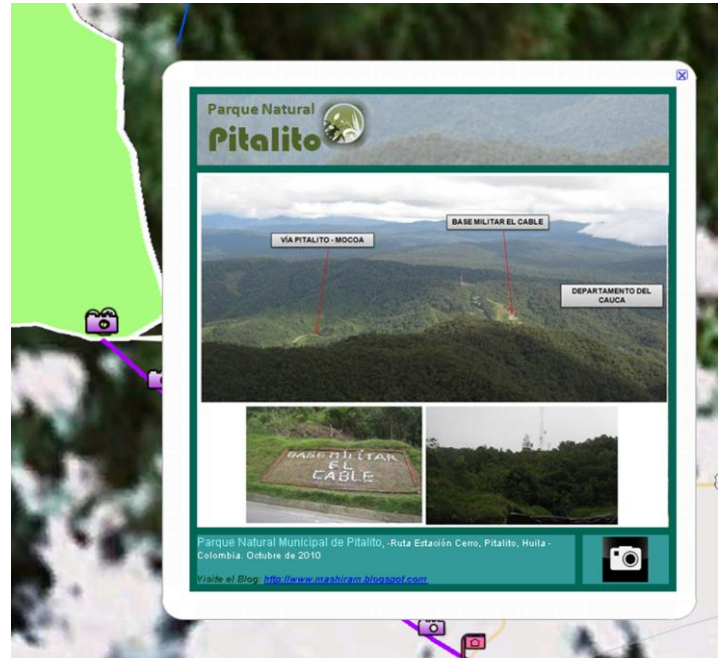
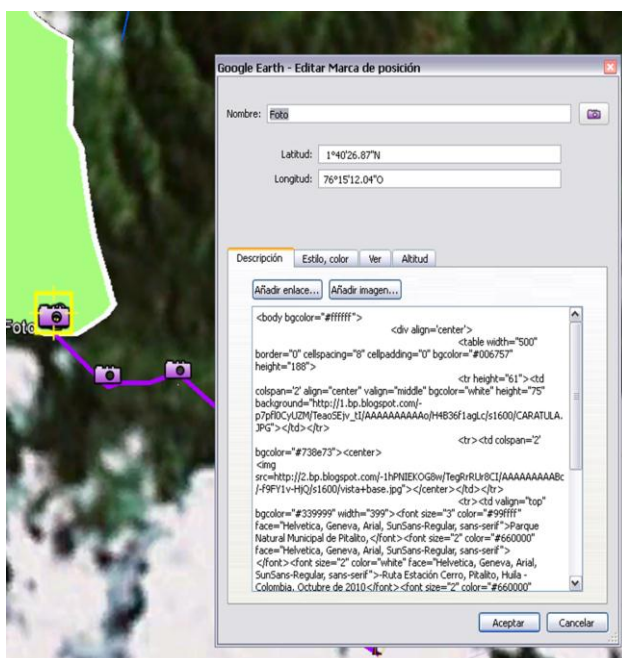


Figura 26 Y 27. Inserción de fotografía Ruta Estación Cerro al SIG Google Earth.

Para el caso de los videos insertados en el SIG, el procedimiento fue similar. Se utilizó el siguiente modelo de código en html, y se hizo el llamado de las funciones

url a través de lenguaje html, para los videos previamente cargados en la plataforma youtube.

```
<body bgcolor="#ffffff">
<div align='center'>
<table width="500" border="0" cellspacing="8" cellpadding="0" bgcolor="#006757" height="188">
<tr height="61"><td colspan="2" align="center" valign="middle" bgcolor="white" height="75"
background="http://1.bp.blogspot.com/-
p7pf10CyUZM/TeaoSEjv_tI/AAAAAAAAAAo/H4B36f1agLc/s1600/CARATULA.JPG"></td></tr>
<tr><td colspan="2" bgcolor="black"><center>
<iframe width="425" height="349" src="http://www.youtube.com/embed/kVjH5SVlCr8" frameborder="0"
allowfullscreen></iframe>
type="application/x-shockwave-flash" allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true" width="480"
height="385"></embed></object></center></td></tr>
<tr><td valign="top" bgcolor="#339999" width="399"><font size="3" color="#99ffff" face="Helvetica,
Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif">Video PNMP </font><font size="2" color="#660000"
face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif"> </font><font size="2" color="white"
face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif">Parque Natural Municipal de Pitalito, Huila -
Colombia .</font><font size="2" color="#660000" face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-
serif"><br>
<font size="2" color="#003300" face="Helvetica, Geneva, Arial, SunSans-Regular, sans-serif"><i><span
class="style5"><br><b>Visite el Blog: <a
href="http://www.mashiram.blogspot.com/">http://www.mashiram.blogspot.com/</b></a></span></a></fon
t></td>
<td align="center" valign="middle" bgcolor="#339999"><p align="center"></p></td></tr>
</table>
</div>
</body>
```

En las siguientes imágenes se aprecian los resultados obtenidos:

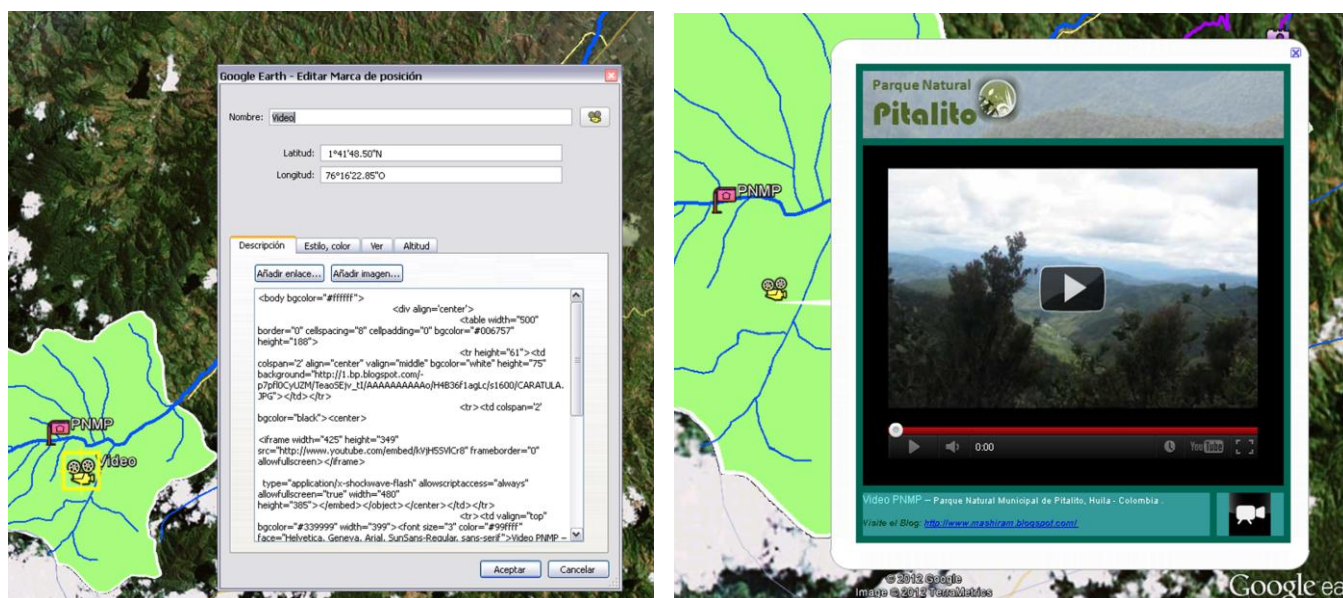


Figura 28 y 29. Inserción de video Ruta Estación Cerro al SIG Google Earth.

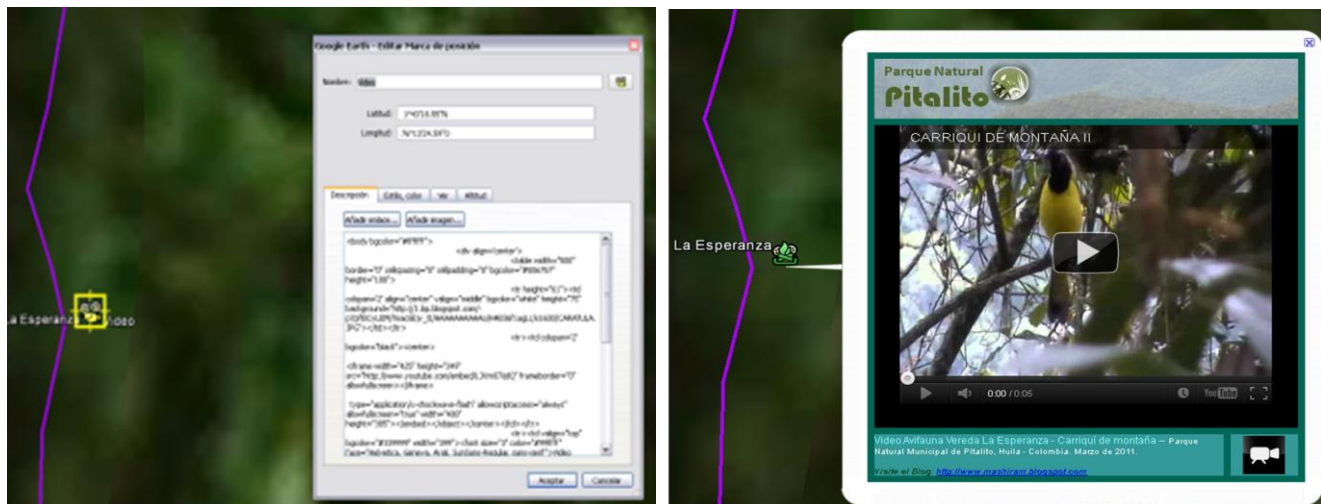


Figura 30 y 31. Inserción de video Avifauna al SIG Google Earth.