



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA
QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL
MUNICIPIO DE MARMATO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA.

SANDRA RODRÍGUEZ LUNA

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
2012



*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA
QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL
MUNICIPIO DE MARMATO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA.

Proyecto de grado para optar por el título de Especialista en Sistemas de
Información Geográfica presentado por:

SANDRA RODRÍGUEZ LUNA

Director de Trabajo de Grado
RICARDO SANABRIA MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
2012

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	8
1. JUSTIFICACIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
4. OBJETIVOS.....	19
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5. METODOLOGÍA PROPUESTA	21
5. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEORICO.....	24
6. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	29
7. IDENTIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA.....	32
8. IDENTIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS, RESTRICCIONES Y PROHIBICIONES AMBIENTALES Y TERRITORIALES A APLICAR EN LAS ÁREAS CON POTENCIAL MINERO DE MARMATO.	44
8.1 Clasificación de la información espacial – según cambio multitemporal.	50
9.1. ÁREAS DE POTENCIAL MINERO	55
9.2. RESTRICCIONES AMBIENTALES Y TERRITORIALES.....	57
9.3 Áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.	60
10. CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA.....	65

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Localización General del Área de Estudio.	31
Figura 2. Geodatabase para la identificación de áreas ambiental y territorialmente compatibles con la actividad minera, en el municipio de Marmato - Caldas.	33
Figura 3. Mapas de entrada del modelo	43
Figura 4. Mapas de Aislamientos y Restricciones Ambientales y Territoriales	49
Figura 5. Submodelo para la definición de áreas de potencial minero.....	55
Figura 6. Submodelo para zonificación de restricciones ambientales y territoriales para la explotación minera.	57
Figura 7. Submodelo para la definición de las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.....	60

LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. Coordenadas de Localización del Municipio de Marmato	29
Tabla 2. Inventario de información cartográfica de Marmato	34
Tabla 3. Normas de aislamientos y restricciones a aplicar para la protección de los recursos naturales y territoriales.....	46
Tabla 4. Clasificación de la información espacial, según las posibles variaciones en el tiempo.	51

LISTA DE MAPAS

	PÁG.
Mapa 1. Áreas de Potencial Minero en el municipio de Marmato.	56
Mapa 2. Áreas con restricciones ambientales y territoriales para la explotación minera.	59
Mapa 3. Áreas Ambiental y Territorialmente compatibles con la explotación minera en el municipio de Marmato.	61

RESUMEN

Utilizando sistemas de información geográfica, se identificaron las zonas ambiental y territorialmente compatibles con la explotación minera en el municipio de Marmato Caldas.

Para llevar a cabo lo anterior, se recopiló, evaluó, organizó y clasificó la información espacial y no espacial existente, se aplicó las restricciones ambientales y territoriales según la normatividad colombiana vigente y las normas ambientales expedidas por CORPOCALDAS.

Finalmente, utilizando las herramientas de análisis espacial y automatización de flujos de trabajo, se definieron las áreas con potencial minero a las cuales se les extrajeron las áreas con restricción para la explotación minera según las disposiciones de las normas nacionales y regionales vigentes. Como resultado se identificó que el 90% del área total del municipio tiene potencial minero, el 74,6% del área del municipio con restricciones ambientales y territoriales, estableciendo como área ambiental y territorialmente compatible con la minería de un 25% del municipio.

Palabras clave: ordenamiento territorial, ordenamiento ambiental del territorio, minería.

Líneas de investigación: Aplicaciones de desarrollo territorial, Aplicaciones en gestión ambiental

ABSTRACT

Using geographic information systems were identified mining zone without affecting the environmental and territorially areas, in Marmato Caldas.

To accomplish the above, in this project collected, evaluated, organized and classified the spatial and nonspatial information, applied environmental and territorial restrictions, as current Colombian law and environmental standards CORPOCALDAS's Laws.

Finally, using spatial analysis tools and workflow automation, defined the areas with mining potential at which they were extracted of the restricted areas for mining, under national's law and regional's standards. As a result it was found that 90% of the total municipal area has mineral potential, 74.6% of the area of the municipality with environmental and territorial restrictions, and 25% are mining areas compatible with environmental and territorial areas.

Keywords: land use planning, environmental planning and mining.

Research interests: Spatial development applications, environmental management applications

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolla en Marmato, municipio que actualmente tiene la mayor explotación minera (de oro principalmente) en el departamento de Caldas, actividad intensiva que requiere reconocer su potencial y sus restricciones ambientales y territoriales, de manera tal que el impulso del sector minero no afecte los recursos naturales (especialmente el recurso agua y el desarrollo territorial (centros urbanos, poblados, sistemas viales de telecomunicaciones, entre otros) que hasta el momento tiene el municipio de Marmato.

En el presente trabajo, se utilizan las herramientas de los sistemas de información geográfica – SIG, para identificar áreas compatibles con la minería, cuya explotación no afecte a los recursos naturales renovables y el desarrollo territorial existente en el municipio; todo lo anterior considerando que Marmato es un municipio que ha explotado oro antes de la conquista española.

Para desarrollar lo anterior, se inicio con la *identificación de la información requerida*, se evaluó, clasifíco, organizó la información, se elaboraron los mapas temáticos de entrada (pendientes, formaciones geológicas superficiales, áreas de interés ambiental, entre otros); se aplicaron las restricciones ambientales y territoriales según la normatividad nacional y regional vigente; se obtuvieron los mapas de salida de áreas con potencial minero, restricciones ambientales y territoriales para finalmente obtener las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.

1. JUSTIFICACIÓN

Considerando que la explotación minera está avanzando a nivel mundial y en algunos casos de manera indiscriminada afectando los recursos naturales que le brindan bienes y servicios ambientales a todas las personas y a la explotación misma; se requiere un modelo que permita no solo identificar las posibles reservas de mineral y las reservas ambientales, sino también un modelo que permita determinar las prioridades de desarrollo en una región, a través de ponderaciones de variables y parámetros espaciales que integren aspectos físico ambientales, socioeconómicos y legales.

Se requiere además tener una herramienta que permita tener una perspectiva de la situación física y socioeconómica del sitio requerido para una explotación minera, de manera tal que se puedan realizar lineamientos y requerimientos específicos para los propietarios de la explotación minera, que a su vez se conviertan en herramientas claves para hacer un adecuado control y seguimiento a la explotación minera.

Este modelo pretende convertirse en una herramienta útil para la toma de decisiones de las entidades que se encargan de otorgar, controlar y vigilar en Colombia, todo lo relacionado con el manejo y buen uso de los recursos naturales renovables y no renovables; ofreciendo a las entidades las herramientas para hacer un control más efectivo y específico en la explotación minera, según las características del área objeto de la explotación. A su vez, sirve para la toma de decisiones eficaces y coherentes



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

con el medio donde se desarrolla la actividad minera, a partir de la priorización de los elementos naturales, socio - económicos, socio-culturales, de vivienda, de prestación de servicios públicos, de accesibilidad vial, entre otros; que se requieren proteger ó que pueden verse afectados por la explotación minera.

En Colombia para la evaluación de impactos ambientales en la explotación minera, se utilizan fichas de evaluación y la guía minero – ambiental; sin embargo, no existen en dichas fichas y guías, modelos espaciales para la identificación de áreas compatibles con la explotación minera, que no generen conflictos sociales por la sobreexplotación y/o contaminación de otros recursos naturales. Para esto en algunos casos se requiere crear elementos para la toma de decisiones, de manera tal que se establezcan modelos que permitan el aprovechamiento minero de una manera sustentable y un desarrollo equilibrado. Los modelos propuestos, podrán ser aplicados en cualquier zona que tenga conflictos entre el desarrollo minero y la conservación de los recursos naturales renovables y conflictos entre el desarrollo minero y el desarrollo territorial y social.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El auge de la explotación minera motivada por la locomotora de minería del plan de desarrollo nacional en el actual gobierno; ha generado muchas expectativas para la explotación de diferentes minerales en distintos lugares del país.

No obstante, también se ha generado controversia respecto la situación ambiental del país, tanto actual como en una eventual explotación casi indiscriminada.

En la legislación vigente existe el Código de Minas (Ley 685 de 2001) que establece las disposiciones en el país para desarrollar la minería, en el artículo 34 de este Código se definen las zonas excluibles de la minería, donde no se podrán ejecutar obras de exploración y ejecución en zonas declaradas y delimitadas conforme a la normatividad vigente como de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y que expresamente excluyan estos trabajos y obras; entre estas zonas se encuentran los parques nacionales y regionales y las zonas de reserva forestal. Sin embargo, esta restricción y exclusión no es suficiente para proteger los recursos naturales renovables del país, ya que las áreas declaradas como áreas protegidas se encuentran en un bajo porcentaje respecto a los recursos naturales existentes en Colombia.

Sumado al Código de minas, se encuentra el Código de Recursos Naturales, La Ley 99 de 1993 y el Decreto 2820 de 2010 de licencias ambientales; en

este último se establecen los tipo de licencias ambientales y las autoridades competentes para otorgarlas así como los estudios requeridos para identificar los impactos y alternativas para ejecutar proyectos sean mineros o de otra índole.

A pesar de que existe la legislación minero ambiental, en la ejecución de proyectos mineros se han afectado algunos recursos y poblacionales, motivo por el cual, ha sido necesario acudir a las instancias judiciales supremas como la Corte Constitucional, para consolidar los derechos colectivos al medio ambiente sano.

Mediante el uso de los sistemas de información geográfica, se busca identificar zonas ambientalmente compatibles con la explotación minera, aplicado en la zona piloto del municipio de Marmato Caldas.

3. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La explotación minera ha estado ligada a la historia del ser humano, al punto que se describe dentro de las edades de los metales, como la edad de la piedra, la edad del cobre, bronce y hierro. Al mismo tiempo, el uso de los recursos naturales renovables también ha estado ligado a la historia del ser humano desde su etapa nómada a sedentario.

Actualmente, la minería en el mundo se ha convertido en un renglón muy importante de la economía, aún más cuando los recursos naturales mineros son no renovables y las economías de muchos países del mundo de Europa y Norte América han tenido bajas significativas; lo que ha llevado a orientar las inversiones en productos económicamente más estables como el oro, la plata y otros minerales.

De otra parte, existe un cambio global que exige al tiempo la protección de los recursos naturales renovables, toda vez que la población mundial ha aumentado y con ella la demanda de diferentes recursos, entre ellos: el agua, el suelo, los bosques, entre otros.

A nivel mundial, gran parte de la responsabilidad del denominado "cambio climático"¹ se le atribuye a la inadecuada explotación minera (Cortes Arreguín, 2001).

¹ Para muchos autores y científicos se denomina cambio mundial, referido no solo al clima.

En Colombia, en el actual gobierno, se viene impulsando la locomotora minera como una de las cuatro locomotoras impulsoras del desarrollo económico del país, según el DANE, el mayor crecimiento en la actividad económica del país se registro en la explotación minera con un incremento del 11,1% (DANE - Banco de la Republica, 2010); no obstante, para muchos expertos, Colombia no está preparada para el avance de esta locomotora desde los aspectos ambientales, administrativos, legales y socioeconómicos.

Desde el aspecto legal, se considera que el reto para Colombia está en el *uso de las actuales normas y no en un aumento de las futuras* (Revista Portafolio, 2011). De otra parte, hasta el momento las áreas protegidas del país representan menos del 10% de las áreas potencialmente a proteger para la prestación de bienes y servicios ambientales y para la conservación de los recursos naturales renovables, a lo anterior se suma el desconocimiento general de la normatividad vigente, del potencial de recursos naturales tanto renovables como no renovables; lo que conlleva a la posible explotación de los recursos naturales no renovables sin considerar todos los eslabonamientos de los recursos naturales renovables y la prestación de bienes y servicios ambientales.

En el departamento de Caldas, el municipio de Marmato se ha convertido en el foco de muchas controversias dada su intensiva explotación minera que a su vez se realiza de manera poco amigable con el entorno, repercutiendo en diferentes problemas como contaminación de las fuentes hídrica, del aire, pérdida de capacidad portante del suelo, riesgos por movimientos en masa, conflictos por el uso del agua, entre otros.



Fotografía No. 1. Sector minero Cerro El Burro en el municipio de Marmato – Caldas.

Marmato es un municipio minero desde la época prehispánica, la zona fue explotada por lo indígenas caramantas, con un tipo de explotación tradicional; posteriormente con la llegada de los españoles, en el sitio se dio inicio a la explotación con vertimiento de estériles en los valles de las quebradas. Con la campaña de independencia se necesitaba de recursos para financiar la misma, razón por la cual Simón Bolívar puso como prenda de garantía las minas de Marmato a los ingleses para financiar la independencia. Con los años llegaron a Marmato numerosas compañías extranjeras con diferentes métodos de explotación, algunas más tecnificados que otros.

Actualmente, la explotación minera de Marmato se hace de manera intensiva en el sector del Cerro El Burro y se extiende hacia Echandía y Guadalejo; la explotación minera inadecuada ha generado pasivos ambientales que

destruyen el paisaje, la calidad de las aguas, el aire y se han producido procesos de remoción en masa que provocan desastres como el de mayo de 2006.

El municipio en su suelo rural, posee recursos naturales renovables que le brindan bienes y servicios ambientales a los habitantes, recursos como: bosques, suelos agropecuarios, agua (con déficit), entre otros, que requieren evaluarse en función de su posible afectación por la ampliación de la explotación minera.

Existe la intención de más de 100 pequeños mineros y algunas compañías mineras de gran escala, de hacer la explotación hacia otras zonas del municipio donde actualmente existen algunos bosques naturales y producción agropecuaria cuya producción requiere valorarse y compararse respecto al costo – beneficio de la explotación minera.

La identificación de áreas ambientalmente compatibles con la minería se viene desarrollando en la Sabana de Bogotá por el IDEAM, es un trabajo que se encuentra en proceso de ejecución y se justifica en el artículo 61 de la Ley 99 de 1993; esta identificación se trabaja a escala 1:100.000 y con información secundaria principalmente. Sin embargo, esta identificación utilizó el modelo de análisis de riesgo, donde la amenaza es la explotación minera y los aspectos ambientales y socioeconómicos son vistos como vulnerabilidades, de esta manera, ya se califica a la minería como un aspecto negativo en el desarrollo territorial.

En el aspecto de desarrollo de los municipios y regiones, está comprobado que los municipios que mayor desarrollo han presentado, son aquellos que



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

se han orientado a la producción agropecuaria, como es el eje cafetero, el Valle de Cauca y la caña, entre otros. Lo anterior, sin embargo, debe ser objeto de otra investigación.

4. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo se establecen a partir de las siguientes hipótesis:

- a) A través del uso de los Sistemas de Información Geográfica, se identificarán áreas ambiental y territorialmente sostenibles para la explotación minera.
- b) La utilización de los sistemas de información geográfica que permitan a futuros usuarios, realizar un efectivo control, seguimiento y evaluación, a la explotación minera para reducir los conflictos ambientales y socio-territoriales.

4.1. OBJETIVO GENERAL

Localizar áreas de potencial explotación minera que no afecten la dinámica ambiental y territorial del municipio de Marmato, utilizando sistemas de información geográfica.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recopilar y clasificar la información espacial requerida para la identificación de áreas ambientalmente compatibles con la minería.



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

2. Analizar la información espacial recopilada en sus restricciones según las normas nacionales y regionales vigentes sobre manejo y gestión ambiental y territorial.
3. Diseñar el modelo de análisis espacial y automatización de flujos de trabajo para la identificación de las áreas con potencial minero sostenible.
4. Identificar las zonas ambiental y territorialmente compatibles con la minería, aplicando los modelos cartográficos.

5. METODOLOGÍA PROPUESTA

Compilación Información

Información espacial

Se recolectará información cartográfica sobre títulos mineros otorgados y solicitados, áreas de interés ambiental, usos del suelo urbano y rural, tipo de suelo según disposiciones del ordenamiento territorial, mapa base, infraestructura vial, entre otros.

Información no espacial

También se recolectará información no espacial como la normatividad vigente y el establecimiento de las áreas con restricción para la explotación minera.

Caracterización de los datos.

Una vez obtenida la información se realizará su respectiva caracterización, definiendo el tipo de dato obtenido, según su variación en el tiempo.

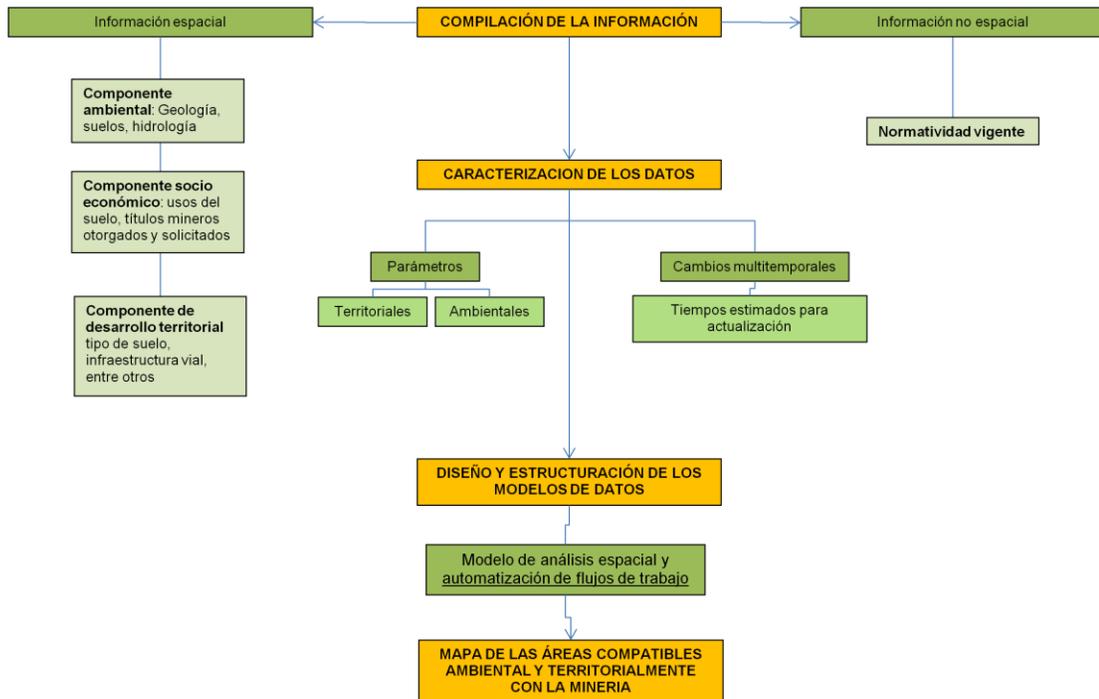
Diseño y estructuración de los modelos de datos.

Se trata del modelo de análisis espacial y automatización de flujos de trabajo para la definición de zonas compatibles con la minería y su relación costo beneficio.

Elaboración de los respectivos mapas

Se realizarán los mapas temáticos y de resultado respectivos, para la localización de las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.

Figura No. 1. Modelo Metodológico.



Fuente: Este estudio.

5. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEORICO

Los sistemas de información geográfica – SIG se han convertido en la base fundamental en la solución de problemas ambientales y territoriales, que facilitan en gran medida el análisis espacial, integral y holístico del territorio, a partir de la información que puede ser representada cartográficamente.

Para algunos autores los SIG son *“un conjunto de procedimientos sobre una base de datos ... de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra”* (van Westen & Vargas, 2005). Para Flamenco (2000) un SIG es un conjunto de elementos de distinta naturaleza cuyo objetivo es llevar a cabo tareas de acopio, almacenamiento, manipulación, análisis, medición, transformación y representación de información que tiene una referencia espacial o geográfica.

Los SIG además de las anteriores definiciones, permiten añadir la dimensión temporal, ya sea por la naturaleza de los datos, su capacidad de actualización y algunos procesos de análisis.

En términos generales, los sistemas de información geográfica son el conjunto conformado por elementos informáticos convencionales (equipos, programas) y elementos de información geográfica; con los cuales pueden desarrollarse análisis, consultas, evaluaciones y estudios territoriales, ambientales, socioeconómicos, entre otros.

Los sistemas de información geográfica se usaron inicialmente con fines militares y de navegación, actualmente tienen un uso casi masivo donde a nivel global se usan mapas y sistemas GPS que se encuentran en dispositivos móviles personales.

Posteriormente en los años 60`s se iniciaron a utilizar para evaluaciones medioambientales, de ingeniería, para el análisis y manejo de los recursos naturales renovables y no renovables, para análisis de crecimiento poblacional (Naciones Unidas, 2000) que en Colombia se manejan por el departamento administrativo nacional de estadística DANE a través de geoestadística, para el trazado de rutas, entre otros usos.

Los sistemas de información geográfica requieren muchas veces de la utilización de varios programas y equipos SIG como es el caso del estudio para la zonificación de riesgos por inundaciones y flujos torrenciales del río Parí en Malasia (Sinnakaudan & Abu Bakar, 2004), donde se utilizaron los programas ArcView 3.2 y versiones anteriores al conocido HEC-6 o HEC RAS (namely SFlood.avx to integrate the SFlood hydraulic and sediment transport model). De igual manera, para la ejecución del presente trabajo, al igual que el análisis de inundaciones del río Parí, se utilizarán diferentes software, algunos para análisis espacial multivariado como el ILWIS; para el cálculo de volúmenes como surfer; otros para integración, elaboración de modelos cartográficos y salida de mapas como el ARC-GIS y el ArcView.

Teniendo en cuenta que se busca definir zonas ambiental, territorial y socioeconómicamente compatibles con la explotación minera, se requiere evaluar y analizar diferentes temas algunos opuestos otros similares entre sí; por ello se requiere de la aplicación del **análisis multicriterio**, metodología utilizada convencionalmente para la evaluación de más de un aspecto espacial tipo vector (formaciones geológicas superficiales, cobertura del suelo, clases agrologicas, pendientes, entre otros) con sobreposición y la ponderación de atributos, a partir de una matriz de comparación o valoración pareada; el análisis multicriterio se ha utilizado principalmente para estudios de impacto ambiental, de ordenamiento territorial, para la zonificación de peligros volcánicos (Aceves-Quesada, López-Blanco, & Martin del Pozzo, 2006).

La evaluación con SIG de diversos fenómenos existentes en La Tierra y que requieren de un análisis integral, inicio con el ordenamiento de cuencas hidrográficas, donde se requiere del análisis de aspectos ambientales como: tipos de suelos, geología, morfometría de microcuencas, entre otras, interrelacionándolos con aspectos socioeconómicos como los usos y ocupación del suelo, que incluyen el manejo de sensores remotos; todo lo anterior se conoce como Manejo Integrado de Cuencas - MIC (Bocco, 2003)

Generalmente, los SIG se han utilizado para análisis específicos y un tanto aislados, es el caso de las evaluaciones para la conservación biológica ó forestal ó para estudios geológicos, geofísicos, entre otros, sin realizar un análisis interrelacionado. No obstante, los SIG van más allá del uso de las tecnologías de información geográfica y de las frías bases de datos, los SIG son “una estructura de personas y equipos que trabajan con datos geográficos, es decir, espacialmente referenciados. Por lo tanto poseen un

alto potencial para apoyar los estudios de conservación de la diversidad biológica, puesto que para la mantención de especies, comunidades y ecosistemas, es imprescindible el conocimiento de su distribución en el espacio” (Moreira, 1996), en este sentido, las personas encargadas de hacer los análisis espaciales, según las necesidades y problemas que requieren resolver, estableciendo modelos previos y modificándolos según el requerimiento; son la base fundamental de los SIG.

En Colombia la valoración de áreas propicias para la explotación minera, se ha desarrollado en términos de los impactos ambientales, los cuales se evalúan en los estudios de impacto ambiental (Ley 99 de 1993) no obstante, los impactos ambientales se evalúan en términos de impactos ecosistémicos y según el sitio de la explotación, teniendo en cuenta a las étnias que tradicionalmente han ocupado las áreas objeto de la potencial explotación minera.

Sin embargo, la evaluación de impactos ambientales no es suficiente para identificar todos los impactos que puede generar la explotación minera, como la afectación en vías y redes de servicios públicos, en las áreas destinadas a la producción agropecuaria que se podrían sacrificar ante la nueva producción minera, entre otros aspectos que configuran el desarrollo socioeconómico y urbanístico de un municipio, ciudad, región y hasta al mismo país.

Una aproximación a la identificación de las áreas ambientalmente compatibles con la minería, se realizó por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM en el año 2010 para la Sabana de Bogotá en



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

respuesta al Artículo 61 de La Ley 99 de 1993. En esta evaluación se aplicó el modelo de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, partiendo de la definir a la explotación minera como una amenaza y evaluando como elementos vulnerables los ecosistemas estratégicos y las áreas productivas; esta evaluación se requiere complementarla con el análisis de elementos territoriales como centros poblados o urbanos expuestos, infraestructura de servicios públicos, suelos de expansión y otros elementos territoriales, aunque se re realizó una muy buena evaluación de los costos y beneficios de la minería frente a otros aspectos de desarrollo ecosistémico y agropecuario.

En este trabajo, se busca aplicar parte de la metodología usada por el IDEAM y el MAVDT (2010), incluyendo aspectos territoriales, utilizando el sistema de información geográfica con la cartografía existente y algunos datos no espaciales para evaluar preliminarmente el costo – beneficio.

6. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Marmato se localiza al noroccidente del departamento de Caldas, sobre el flanco oriental de la cordillera occidental y sobre la vertiente occidental del Río Cauca; la altura máxima de Marmato se encuentra sobre los 2.200 m.s.n.m. en el Alto Cruz de Helecho y mínima de 670 m.s.n.m. en la margen izquierda del río Cauca; la superficie total es de 3885,65 hectáreas que representan el 0.54% del área total del departamento, siendo el municipio más pequeño de Caldas. Según la proyección al año 2011 del censo Nacional elaborado por el DANE (2005), el Municipio cuenta con una población de 8.175 habitantes, distribuidos así: 1.122 en la cabecera municipal y 7.053 para la zona rural.

Marmato se encuentra en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de Localización del Municipio de Marmato

Orientación	Coordenadas Planas*	
	X	Y
NORTE	1166110.789	1101958.24
SUR	1159182.151	1103512.502
ORIENTE	1165417.925	1094093.3
OCCIDENTE	1161897.428	1103755.941

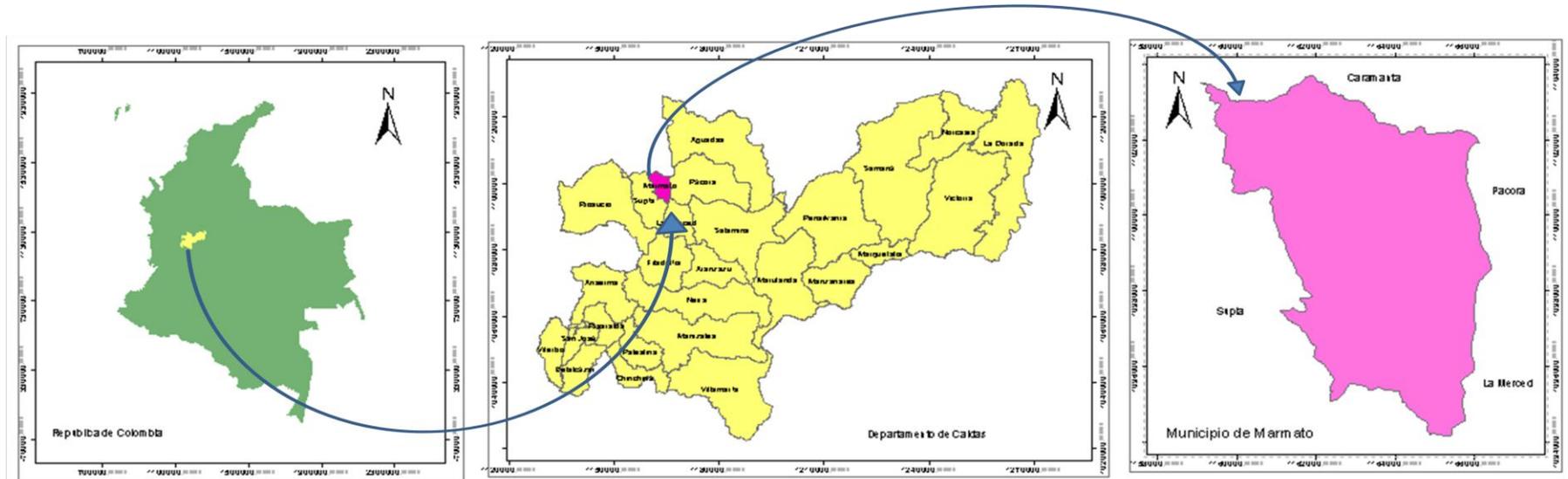
Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Vivienda, Ciudades y Territorio), 2009)

*Coordenadas en sistema ARENA, origen Bogotá Oeste.

Marmato limita al Norte con el Municipio de Caramanta (Antioquia), al sur y occidente con el Municipio de Supía (Caldas) y al oriente con los Municipios de Pácora y la Merced (Caldas).

La cabecera Municipal se encuentra ubicada a 7 kilómetros de la Troncal de occidente desde el sitio conocido como la “La Garrucha del Rayo”, a Manizales 143 Kilómetros por la vía a La Felisa, esta sobre los 1.310 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 23° centígrados. Posee comunicación carretable con los municipios de Supía (19 Km) y Caramanta (28 Km).

Figura 1. Localización General del Área de Estudio.



7. IDENTIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA

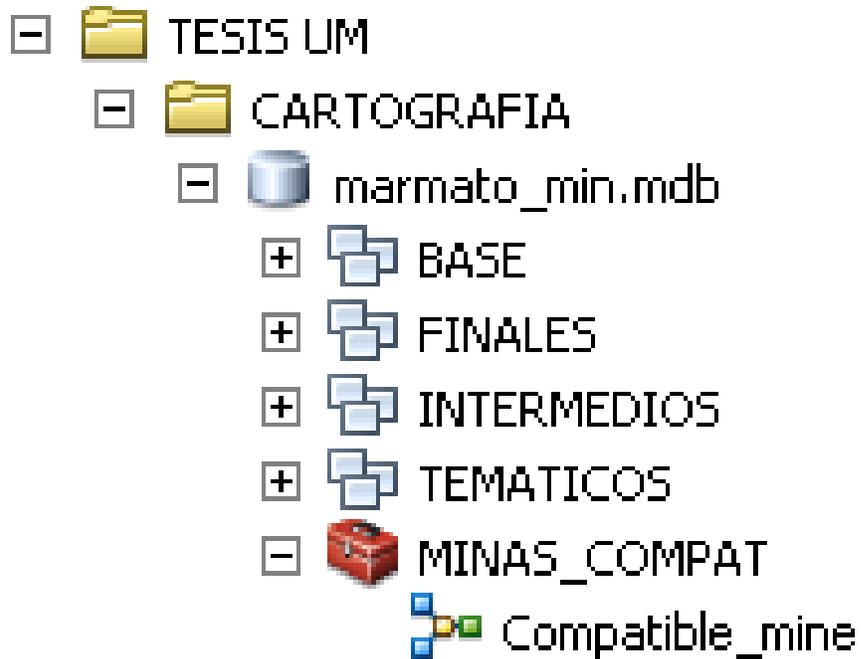
Se evaluó la información existente en cuanto al sistema de proyección, escala, utilidad, requerimientos de otro tipo de información, evaluación de la información que requiere verificarse en campo y observaciones del estado de la información.

Como se observa en la tabla anterior, la información obtenida tiene diferentes sistemas de referencia o datum, así mismo algunos archivos se encuentran en formato CAD, por lo cual, es necesario estandarizar la información, en cuanto al datum, sistema de coordenadas y tipo de archivo.

De otra parte, en la tabla del anexo 1 (casilla “*requiere verificación de campo*”, se identificó la información que requería verificación y calibración en campo, como es el caso de los límites de cabecera municipal y centros poblados, el levantamiento de equipamientos, verificación de algunos drenajes, el levantamiento de viviendas, bocatomas, ojo de agua, entre otros elementos. Lo anterior con el fin de aplicar las restricciones, aislamientos y prohibiciones necesarias sobre zonas que no están cartografiadas pero que requieren ser protegidas ante la posible explotación minera y que a su vez, no se encuentran en la cartografía ya por su tamaño no es posible identificarlas en imágenes satelitales o fotografías aéreas.

Finalmente con la información recolectada y unificada, se procedió a organizar la GDB en ArcGIS, como se observa a continuación:

Figura 2. Geodatabase para la identificación de áreas ambiental y territorialmente compatibles con la actividad minera, en el municipio de Marmato - Caldas.



Se unificó toda la información en el siguiente sistema de coordenadas:

Proyección: Transversa de Mercator

Falso Este: 1.000.000

Falso Norte: 1.000.000

Meridiano Central: -77,080917

Latitud Origen: 4,599047

Datum: Colombia Zona Oeste

Tabla 2. Inventario de información cartográfica de Marmato

	No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
Información Base	1	Cabecera_m	delimita la cabecera municipal de Marmato	Sin proyección	Planas	dwg	10000	Información clave para definir aislamientos de la cabecera municipal	Sin proyección, sin escalar, sin orientación correcta	SI
	2	Cotas_10	Curvas de nivel cada 10 metros	Bogotá Centro ARENA	Geográficas	shp	10000	Generar mapa de pendientes, informativo en el mapa base	Curvas generadas a partir de imagen ikonos_5_meters	NO
	3	Cotas_25	Curvas de nivel cada 25 metros	Bogotá Oeste ARENA	Geográficas	shp	25000	Generar mapa de pendientes, informativo en el mapa base	Curvas de nivel del mapa base de IGAC 2005	NO
	4	equipamentos	Equipamientos colectivos y de uso público del municipio	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	2000	Información clave para definir aislamientos de equipamientos	Levantadas en campo	SI

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
5	Hídrico	Red de drenajes, quebradas y ríos de Marmato	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	10000	identificación de las fuentes de agua, a partir de las cuales se realizarán los aislamientos para su protección}	líneas separadas para cada quebrada, requieren edición	SI
6	limite_cp	limite de los centros poblados de Marmato	Sin proyección	Planas	dwg	2000	Establecer aislamientos desde los centros con población significativa	Sin proyección, sin escalar, sin orientación correcta	SI
7	limite_mun	limite municipal en línea	Sin proyección	Planas	dwg	25000	Este límite es también el límite de área de estudio	Sin proyección, sin escalar, sin orientación correcta	SI
8	limite_municipal	limite municipal en polígono	Bogotá Oeste ARENA	Geográficas	shp	10000	Este límite es también el límite de área de estudio, en polígono sirve para cortar los temáticos a este limite	requiere unificación de coordenadas y datum	SI

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
9	linea_tension	líneas de tensión eléctrica media de ISAGEN	Sin proyección	Planas	dwg	2000	Se requiere para identificar la línea como tal y establecer el respectivo aislamiento	requiere unificación de coordenadas y datum	NO
10	predios	limites prediales	Bogotá Oeste ARENA	Planas	shp	5000	identificación de los predios sobre los cuales existe compatibilidad para la explotación minera	requiere unificación de coordenadas y datum	NO
11	textos	Nombres o toponimias ó localizadores de sitios, veredas y puntos geográficos de referencia en Marmato	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	25000	Permiten ubicar sitios o al lector ubicarse dentro del mapa	requiere unificación de coordenadas y datum	NO
12	viviendas	puntos de cada vivienda	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	25000	Identifica y localiza las viviendas existentes para definir su propio aislamiento	requiere unificación de coordenadas y datum	SI



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

	No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
	13	vías	líneas de las vías por categoría (municipal, nacional o departamental)	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	10000	Identifica y localiza las vías existentes para definir su propio aislamiento	requiere unificación de coordenadas y datum	NO
información temática (ver anexo T Cartografía Temática utilizada)	1	amenazas	Zonificación de amenaza naturales por movimientos en masa	Bogotá Oeste ARENA	Planas	shp	10000	Identifica las zonas inestables, muy sensibles con una explotación minera	requiere unificación de coordenadas y datum	SI
	2	bocatoma	puntos que indican las bocatomas de acueductos veredales	Bogotá Oeste ARENA	Planas	txt	2000	Identifica las zonas que deben protegerse porque son de utilidad pública para la prestación de servicios públicos	requiere unificación de coordenadas y datum	SI
	3	clas_agrol	clases agrologicas del suelo	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Geográficas	shp	20000 0	Identificar los suelos clase 1,2 y 3 que hacen parte de la protección por seguridad	requiere unificación de coordenadas y datum - se encuentra a escala 1:200.000	NO

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
							alimentaria		
4	conflictos_agrop	Conflictos por uso inadecuado del suelo en términos agropecuarios	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	20000 0	Identificar los suelos en conflicto por uso agropecuario del suelo	Mapa desarrollado a partir de las clases agrologicas a escala 1:200.000 y mapa de usos y cobertura del suelo a escala 1:25.000	NO
5	desliz_activ	deslizamientos activos y recientes	Bogotá Oeste ARENA	Planas	dxg	2000	Identifica áreas con deslizamientos activos, que a su vez son zonas sensibles en explotación minera y detonaciones	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	SI
6	estériles	Localiza los estériles mineros	Sin proyección	Planas	dwg	2000	son pasivos ambientales actuales de la explotación minera	Área con explotación minera actual	SI

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
7	fallas	líneas que representan las fallas geológicas de la zona	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	dwg	25000	Áreas sensibles para inestabilidad ante explotaciones minera y a su vez rasgos claves para identificar futuras áreas de explotación	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	NO
8	form_superficial	Muestra las formaciones geológicas superficiales	Bogotá Oeste ARENA	Planas	shp	25000	Identifica la formación geológica con potencial minero	Requiere unificar coordenadas	NO
9	lote_residuos	puntos que delimitan el lote de transferencia temporal de residuos sólidos	Bogotá Oeste ARENA	Geográficas	txt	10	Localiza uno de los equipamientos colectivos de alto impacto ambiental	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	SI
10	microcuenca	Delimitación de las microcuencas existentes en Marmato	Bogotá Oeste ARENA	Geográficas	shp	25000		Requiere de la unificación de coordenadas	NO

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
11	minas1	Identifica los túneles mineros, con levantamiento en 3D	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	1	Áreas de explotación minera actual	Requiere unificar coordenadas	NO
12	minas2	Identifica los túneles mineros, con levantamiento en 3D	Bogotá Bogotá ARENA	Planas	shp	1	Áreas de explotación minera actual	Requiere unificar coordenadas	NO
13	minerales	Identifica las zonas que se encuentran en explotación.	Sin proyección	Planas	dwg	25000	Áreas de explotación minera actual	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	NO
14	molino	Puntos que localizan los molinos para el beneficio minero	WGS84	Geográficas	txt	1	Áreas de explotación minera actual	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	SI
15	ojo_agua	Puntos que localizan los nacimientos de fuentes hídricas	Bogotá Oeste ARENA	Geográficas	dwg	1	Identifica los nacimientos de agua que requiere protección	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	SI
16	pendientes	Define las pendientes según grado o porcentaje de inclinación	Bogotá Oeste ARENA	Planas	shp	10000	Identifica áreas con restricción por alta pendiente y que serían de protección	Requiere unificar coordenadas	NO

No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
							forestal		
17	riesgos_mv	Define riesgos por movimientos en masa en Marmato	Bogotá Oeste ARENA	Planas	shp	10000	Áreas que actualmente presentan problemas por minería que afecta a las poblaciones	Requiere unificar coordenadas	SI
18	titulos_compil_marmato	Polígono que compila los títulos mineros vigentes	Bogotá Bogotá ARENA	Planas	shp	1000	Áreas de explotación minera actual	Requiere unificar coordenadas	NO
19	titulos_min	Líneas que muestran los títulos mineros vigentes	Sin proyección	Planas	dxf	1000	títulos en línea	requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	NO
20	uso_cover	Usos y cobertura actual del suelo	Bogotá Bogotá Magna SIRGAS	Planas	shp	10000	Conocer la orientación económica del municipio y las zonas donde actualmente aun existe bosque	Requiere unificar coordenadas	SI



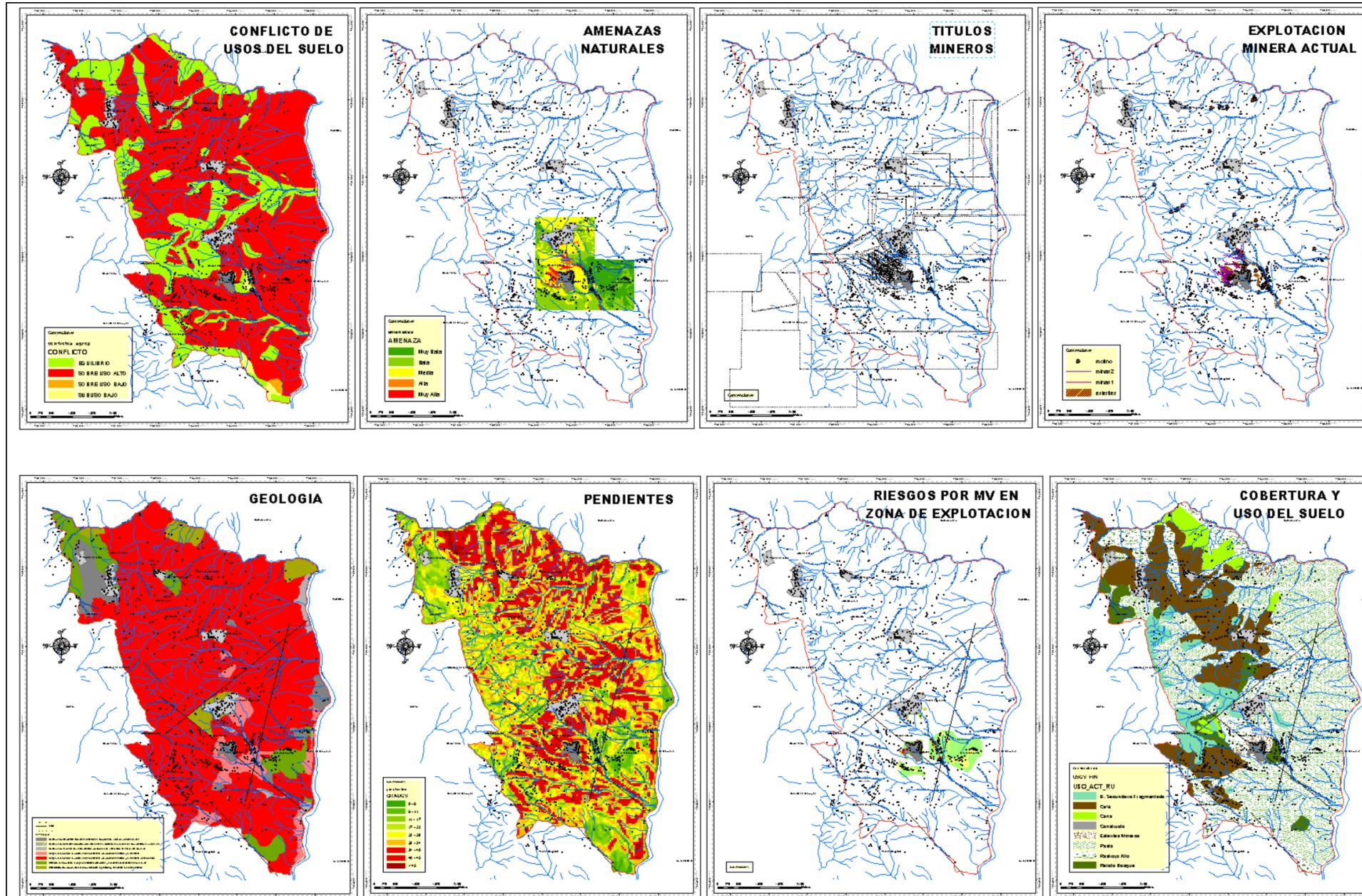
UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

	No.	Nombre de archivo	Descripción	Datum	Coordenadas	Extensión	Escala	Utilidad	Observaciones	Verificación de campo
	21	zonas_vida	Zonas de vida según Holdrige	Bogotá Bogotá ARENA	Planas	dwg	10000 0		requiere unificación de coordenadas, datum y transformación a feature class o shp	NO

Figura 3. Mapas de entrada del modelo



<p>FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>  <p>UNIVERSIDAD DE MANIZALES</p> <p>ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA</p>	<p>Proyecto de Grado:</p> <p>LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MARMATO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p> <p>Presentado por: Geog. SANDRA RODRÍGUEZ LUNA</p> <p>Director de Trabajo de Grado Ing. RICARDO SANABRIA MARTÍNEZ</p>
---	---

MAPAS TEMATICOS UTILIZADOS EN EL MODELO PARA LA LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MARMATO

8. IDENTIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS, RESTRICCIONES Y PROHIBICIONES AMBIENTALES Y TERRITORIALES A APLICAR EN LAS ÁREAS CON POTENCIAL MINERO DE MARMATO.

Con la información recolectada, estandarizada y organizada en GDB, se procedió a identificar las disposiciones normativas aplicables en el sector ambiental y territorial, tanto a nivel regional y nacional; estas disposiciones, se convierten en un buffer y/o en restricciones espaciales específicas que se aplicaran en los mapas de entrada en el Model Builder (Ver tabla 3).

Para las fajas de protección del recurso hídrico, se aplicaron los retiros teóricos establecidos en las disposiciones de las Resoluciones de CORPOCALDAS No. 077 y 140 de 2011.

ORDEN DE LA CORRIENTE	RETIRO teórico en metros	CORRIENTE DE APLICACIÓN
1	30	Río Cauca
2	20	Río Arquía, Q. San Jorge, Aguas Claras – Cascabel, La Moladora, El Salado.
3, 4 y 5	15	Agua Clara, San Francisco, Conchari, Guadalejo.
6,7,8	10	Las demás corrientes del Municipio.

Fuente: Este Estudio - (CORPOCALDAS, 2011)

Las Resoluciones de CORPOCALDAS establecen una metodología para la delimitación de las fajas de protección hídrica e hidráulica del sistema de drenajes de los municipios, no obstante, la aplicación de la misma, es



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

rigurosa en cuanto al levantamiento de la información topográfica, de caudales, lluvias, entre otros; por lo cual, se aplicaron los retiros teóricos que son permitidos en las mencionadas Resoluciones, los cuales pueden aplicarse mientras se establecen los retiros definitivos. En la tabla No. 3 se presentan las normas de aislamientos y restricciones que se requieren aplicar para la protección de los recursos naturales renovables (agua, suelo, forestal) y las estructura producto del desarrollo territorial (equipamientos, vías, centros poblados, entre otros).

Tabla 3. Normas de aislamientos y restricciones a aplicar para la protección de los recursos naturales y territoriales.

Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Norma Principal	Aislamiento, restricción o retiro (Buffer a aplicar)	
Información Base	1	Cabecera_m	Territorial	Ley 388/97, Normas RAS, Ley 99 de 1997	500 metros de vivienda más cercada
	2	Cotas_10	Ambiental	N/A	
	3	Cotas_25	Ambiental	N/A	
	4	equipamentos	Territorial	No tiene aislamientos establecidos en la norma	50 metros de equipamientos colectivos (aislamiento propuesto)
	5	Hídrico	Ambiental	Ley 388/97, Ley 388 de 1997, Código de Recursos Naturales**, Resoluciones de CORPOCALDAS 077 y 140 de 2011 y 471 de 2009*.	Ver tabla 4
	6	limite_cp	Territorial	Ley 388/97	500 metros de vivienda más cercada
	7	limite_municipal	Territorial	Ley 388/97	N/A
	8	linea_tension	Territorial	Ley 388/97 - RETIE	15 metros por ser línea de media tensión
	9	predios	Territorial	Ley 388/97	N/A
	10	textos	N/A	N/A	N/A
	11	viviendas	Territorial	Ley 388/97 - Ley de Vivienda, Ley 99 de 1993, CPC	500 metros de vivienda más cercada

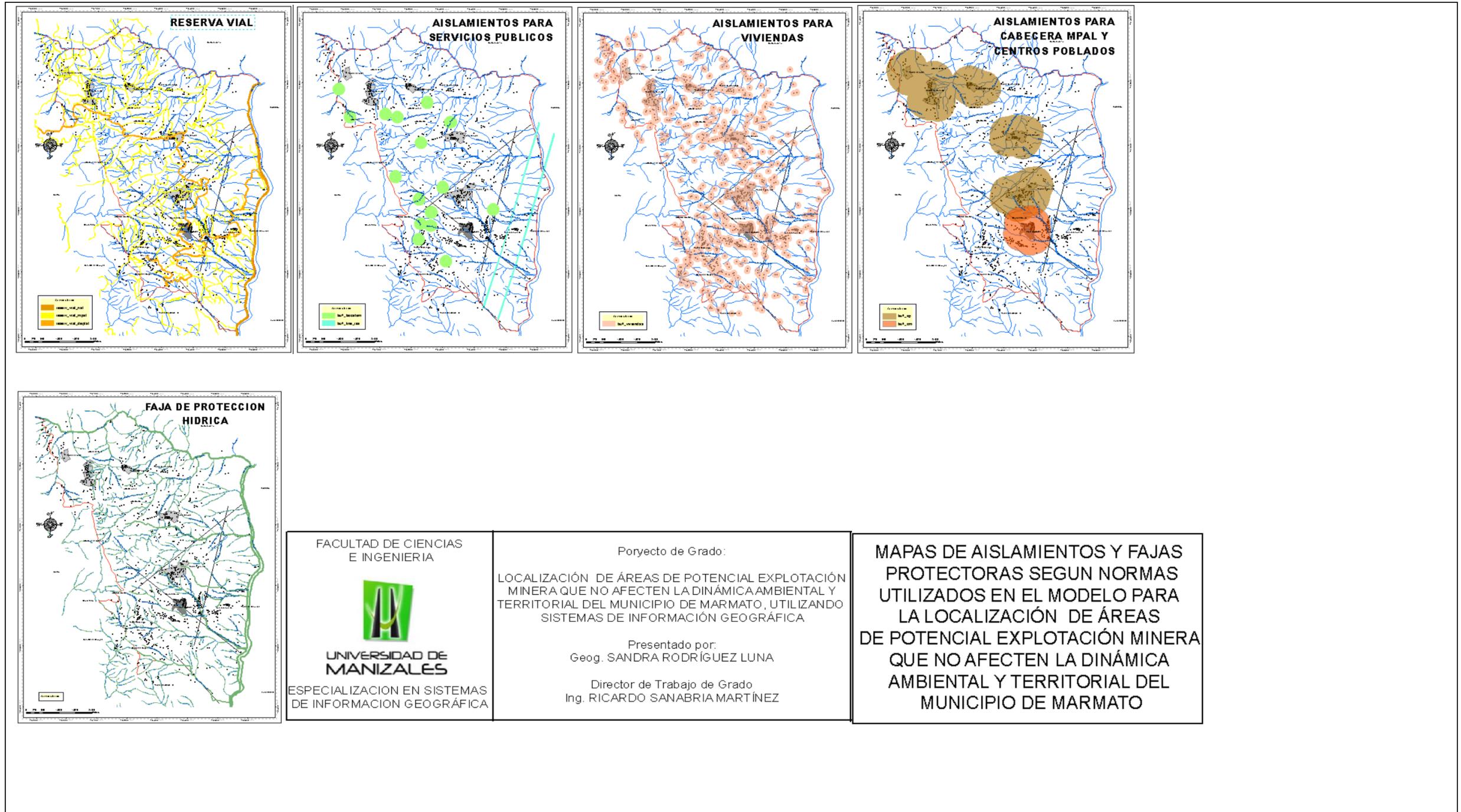
Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Norma Principal	Aislamiento, restricción o retiro (Buffer a aplicar)
	12	vías	Territorial Ley 388/97, Ley 1228 de 2009	30 metros vías nacionales 22,5 metros en vías departamentales 15 metros vías de tercer orden
	1	bocatoma	Territorial No tiene aislamientos establecidos en la norma	100 metros
	2	desliz_activ	Ambiental No tiene aislamientos establecidos en la norma	N/A
	3	estériles	Ambiental No tiene aislamientos establecidos en la norma	N/A
	4	form_superficial	Ambiental No tiene aislamientos establecidos en la norma	N/A
	5	lote_residuos	Ambiental Ley 388/97, Normas RAS, Ley 99 de 1997	500 metros de vivienda más cercada
	6	minas1	Minera Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2013, Código de Minas	N/A
	7	minas2	Minera Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2013, Código de Minas	N/A
	8	minerales	Minera Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2013, Código de Minas	N/A
	9	molino	Minera Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2013, Código de Minas	50 metros de faja protección hídrica
	10	ojo_agua	Ambiental Ley 388/97, Ley 388 de 1997, Código de Recursos Naturales	100 metros

Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Norma Principal	Aislamiento, restricción o retiro (Buffer a aplicar)
11	pendientes	Ambiental	Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Código de Recursos Naturales	N/A
12	riesgos_mv	Territorial	Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2013	N/A
13	titulos_compil_marmato	Minera	Ley 99 de 1993, Código de Recursos Naturales, Código de Minas	N/A
14	uso_cover	Territorial	Ley 388/97, Ley 99 de 1993, Código de Recursos Naturales	N/A

* (CORPOCALDAS, 2009)

** (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003)

Figura 4. Mapas de Aislamientos y Restricciones Ambientales y Territoriales.



8.1 Clasificación de la información espacial – según cambio multitemporal.

Parte del presente trabajo es la elaboración del modelo de flujo de información utilizando la herramienta del Model Builder, es importante establecer dentro de los datos geográficos ingresados, la información que tiene variaciones importantes en cortos periodos de tiempo y la información con cambios en mayores periodos de tiempo (Ver tabla 4).

Lo anterior con el fin de identificar los datos que requieren monitoreo casi permanente y que deben actualizarse en el modelo en cierto periodo de tiempo; a su vez, le permite al tomador de decisiones identificar la información que requiere inversión en su actualización.

Tabla 4. Clasificación de la información espacial, según las posibles variaciones en el tiempo.

Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Cambio multitemporal	Observación
Información Base	1	Cabecera_m	Territorial	Este valor es solo para Marmato, según calculo de crecimiento poblacional en la cabecera municipal
	2	equipamentos	Territorial	
	3	Hídrico	Ambiental	Depende de condiciones naturales de formación, sin intervención humana, cambio visibles solo en periodos de retorno de lluvias de 100 años.
	4	limite_municipal	Territorial	cambio excepcional Depende de la disposición política y ciudadana
	5	linea_tension	Territorial	cambio excepcional Depende de los requerimientos de ampliación de redes a nivel nacional y que estas se construyan sobre el municipio.
	6	predios	Territorial	5 años Es el tiempo que todos los municipios deben hacer su actualización catastral y predial.
	7	viviendas	Territorial	15 años Este valor es solo para Marmato, según calculo de crecimiento poblacional
	8	vías	Territorial	50 años Depende de los requerimientos de ampliación de redes a nivel nacional y que estas se construyan sobre el municipio.
	1	bocatoma	Territorial	30 años Depende de la demanda existente de agua y a su vez de índice de escases que para Marmato es alto.

Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Cambio multitemporal	Observación
2	desliz_activ	Ambiental	2 años	Por recomendaciones generales del Servicio Geológico Nacional y CORPOCALDAS
3	estériles	Ambiental	1 mes	En Marmato la disposición de estériles se hace a diario y es necesario hacer seguimiento a los mismos
4	form_superficial	Ambiental	200 años	depende de la geología y de las alteraciones que en superficie se hagan de ella
5	lote_residuos	Ambiental	15 años	depende de los cambio poblacionales de Marmato y de finalización de la vida útil del relleno de Manizales
6	minas1	Minera	10 años	Según concesión mínima para exploración
7	minerales	Minera	de miles a millones de años	Depende de condiciones naturales de formación, sin intervención humana.
8	molino	Minera	2 años	Aproximado
9	ojo_agua	Ambiental	100 años	Depende de condiciones naturales de formación, sin intervención humana, cambio visibles solo en periodos de retorno de lluvias de 100 años.
10	pendientes	Ambiental	200 años	Aunque las pendientes actuales están condicionales a cambios y alteraciones humanas hechas por explotación minera.
11	riesgos_mv	Territorial	2 años	Por recomendaciones generales del Servicio Geológico Nacional y CORPOCALDAS
12	titulos_compil_marmato	Minera	10 años	Según concesión mínima para exploración



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

Inventario de información cartográfica Marmato		Tipo de información	Cambio multitemporal	Observación
13	uso_cover	Territorial	2 años	IGAC recomienda hacer el análisis multitemporal al menos cada 2 años.

9. MODELO ESPACIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS AMBIENTALMENTE COMPATIBLES CON LA MINERÍA UTILIZANDO MODEL BUILDER

Con la ayuda de la herramienta Model Builder de ArcGIS, se elaboró el modelo de flujo de datos, para obtener las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería. Según ESRI, el “ModelBuilder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos.

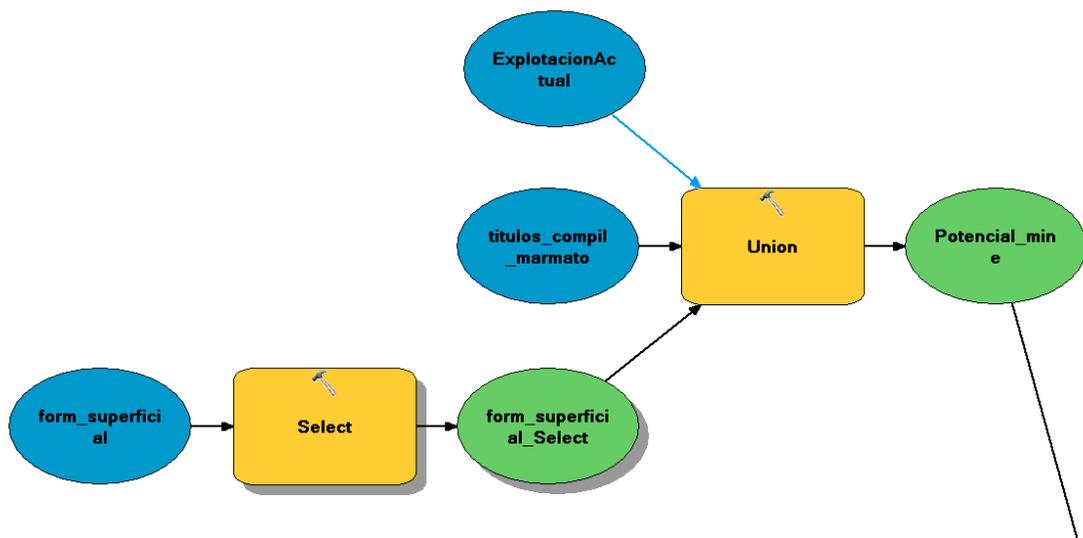
Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo” (ESRI, 1995), de manera tal que se hace muy accesible para profesionales que no necesariamente son programadores, pero que tienen conocimientos en ciencias de la Tierra.

El Modelo parte de clasificar la información en dos grandes grupos: 1. Áreas de potencial minero y 2. Restricciones Ambientales y Territoriales.

9.1. ÁREAS DE POTENCIAL MINERO

Las áreas con potencial minero, están constituidas por las áreas que se encuentran sobre la formación geológica de rocas intrusivas subvolcanicas constituidos por pórfidos dacíticos y andesíticos meteorizados (Neogeno), las zonas donde actualmente y desde hace siglos se lleva a cabo la explotación minera y la zona con títulos mineros vigentes.

Figura 5. Submodelo para la definición de áreas de potencial minero

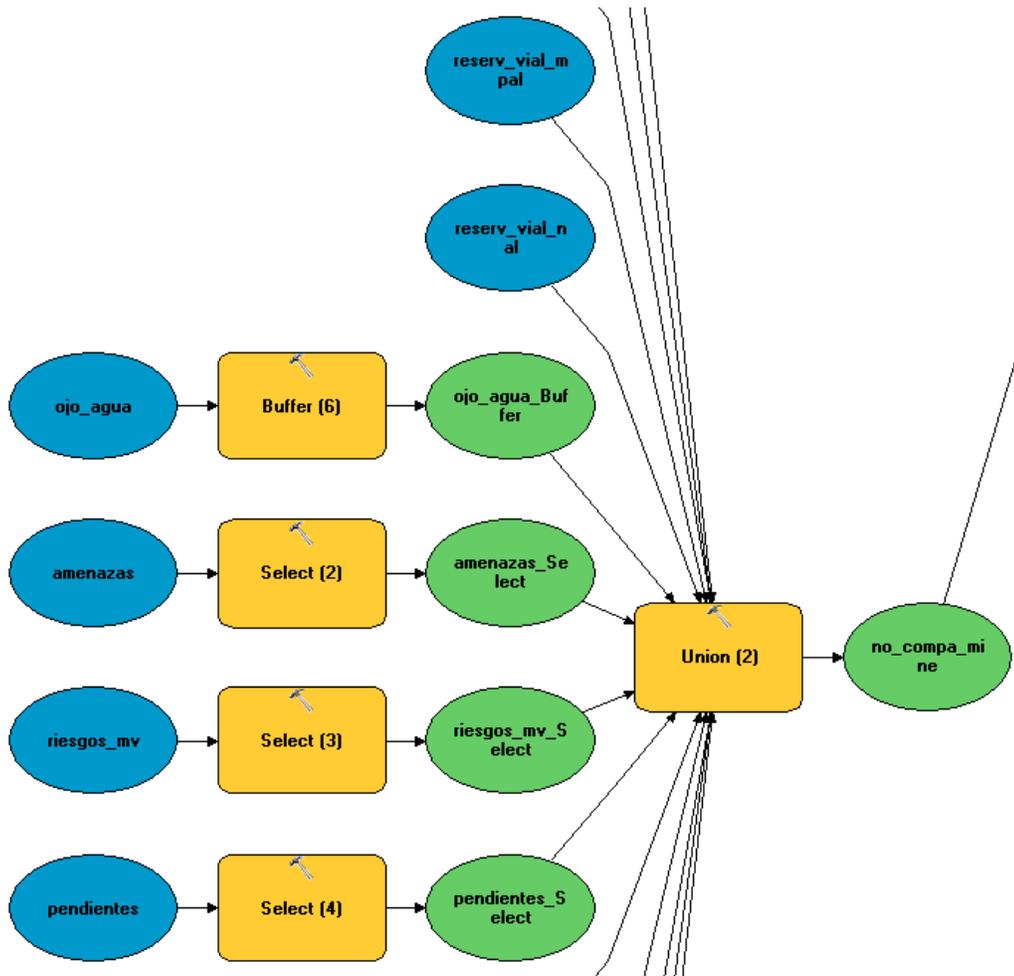


Como resultado se obtiene el mapa 1, en el cual se establece la zona con potencial minero de Marmato que ocupa el 90% del área total del municipio.

9.2. RESTRICCIONES AMBIENTALES Y TERRITORIALES

Las zonas con restricciones ambientales y territoriales, se establecen a partir de la aplicación de los buffer cuyas distancias están definidas en las normas nacionales y regionales, las cuales se presentaron en la tabla No. 3.

Figura 6. Submodelo para zonificación de restricciones ambientales y territoriales para la explotación minera.



Como resultado se obtiene el mapa No. 2, en el cual se muestra el potencial ambiental y desarrollo territorial existente en Marmato, que requiere ser protegido ante una eventual y la actual explotación minera. Las áreas con restricción ambiental y territorial suman en total 2897,8 hectáreas que representan el 74,6% del área total del municipio.

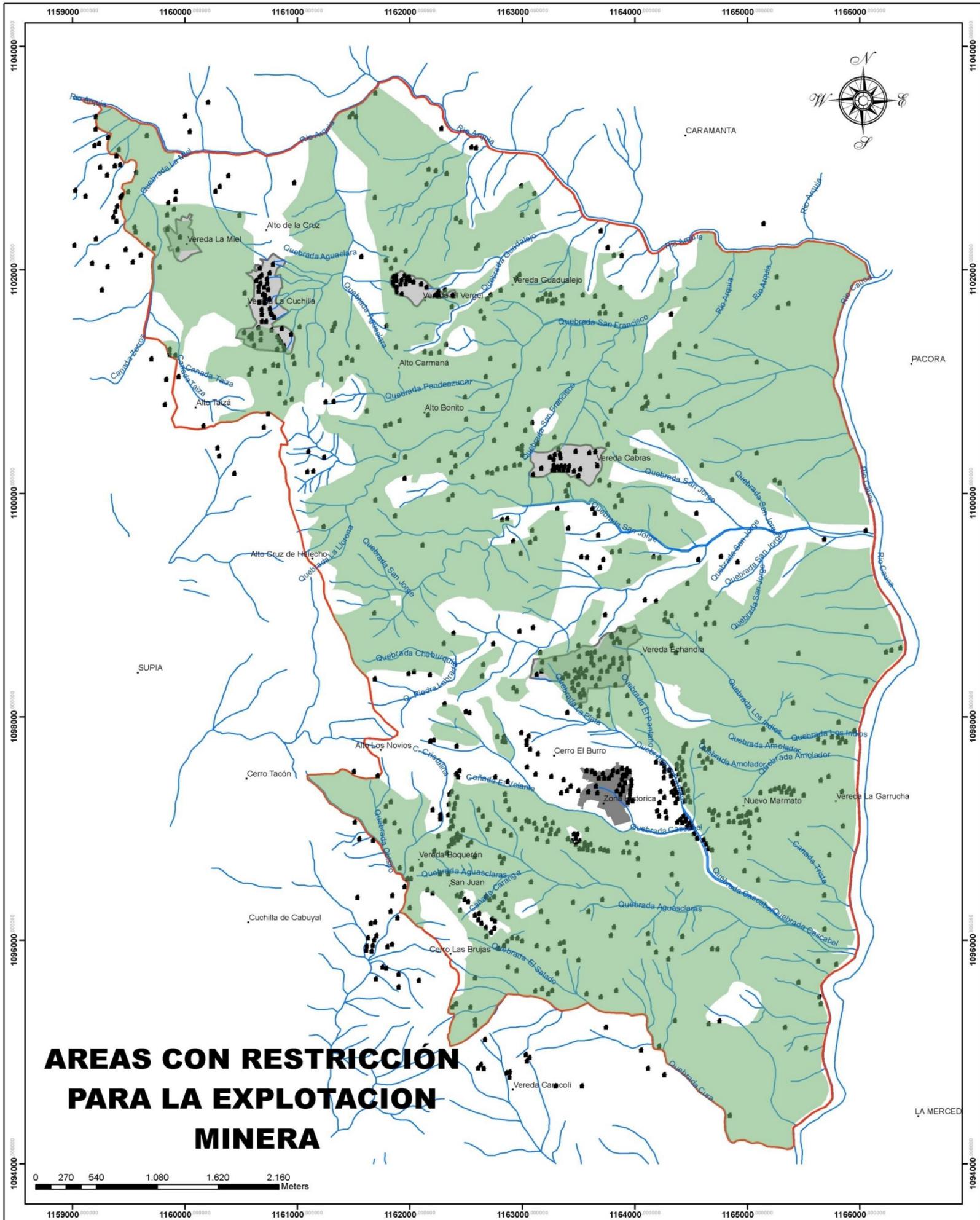


UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

Mapa 2. Áreas con restricciones ambientales y territoriales para la explotación minera.



**AREAS CON RESTRICCIÓN
PARA LA EXPLOTACIÓN
MINERA**

<p>FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>  <p>UNIVERSIDAD DE MANIZALES</p> <p>ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA</p>	<p>Proyecto de Grado:</p> <p>LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MARMATO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p> <p>Presentado por: Geog. SANDRA RODRÍGUEZ LUNA</p> <p>Director de Trabajo de Grado Ing. RICARDO SANABRIA MARTÍNEZ</p>	<p>Convenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ viviendas — Hidrico — limite_mun — cabecera_m — limite_cp ■ restricted_mine 	<p>Información Cartográfica:</p> <p>Sistema de Coordenadas: Colombia Zona Oeste Proyección: Transverse_Mercator Falso Este: 1000000,00000000 Falso Norte: 1000000,00000000 Meridiano Central: -77,08091667 Latitud de Origen: 4,59904722</p> <p>Fuente Mapa Base: IGAC Mapa Tematico: Fecha: Noviembre 2012</p>	<p>AREAS CON RESTRICCIÓN PARA LA EXPLOTACIÓN MINERA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO</p>
---	---	--	---	--

9.3 Áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.

Las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la actividad minera, son el resultado de la diferencia entre las áreas con potencial minero menos las áreas con restricción ambiental y territorial.

$$\text{AATCM} = \text{APM} - \text{ARAT}$$

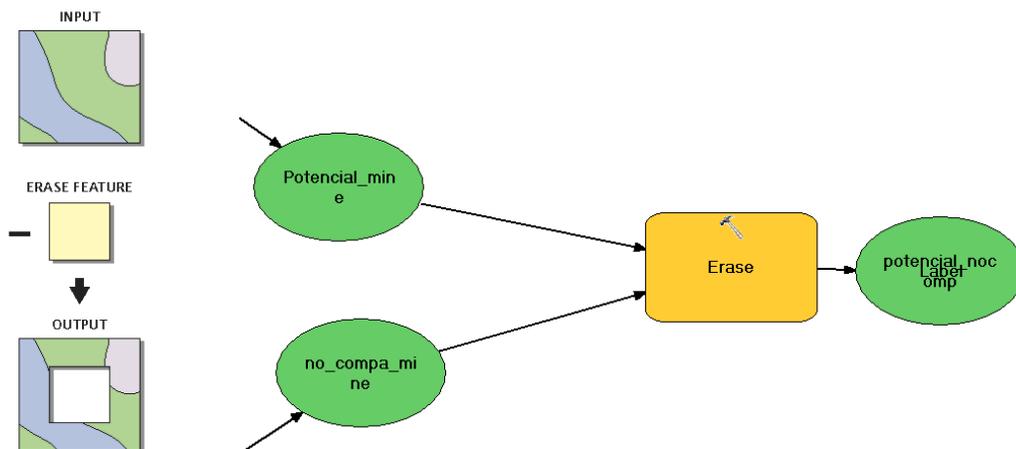
AATCM: Áreas ambiental y territorialmente compatibles con la actividad minera

APM: Áreas con potencial minero

ARAT: Áreas con restricción ambiental y territorial

Lo anterior se realiza a través de la función Erase, de ArcGIS

Figura 7. Submodelo para la definición de las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.



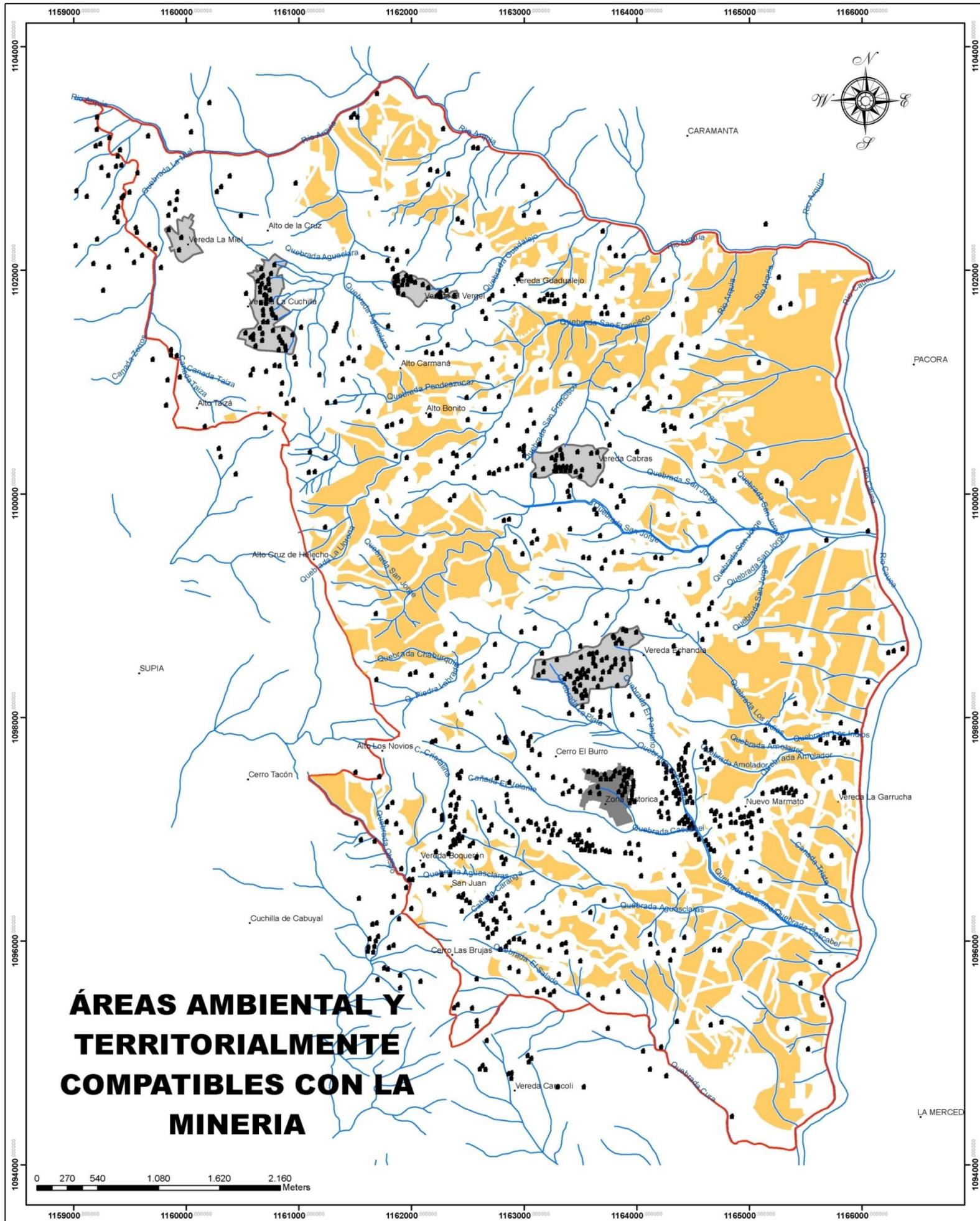


UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

Mapa 3. Áreas Ambiental y Territorialmente compatibles con la explotación minera en el municipio de Marmato.



<p>FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA</p>  <p>UNIVERSIDAD DE MANIZALES</p> <p>ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA</p>	<p>Proyecto de Grado: LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE POTENCIAL EXPLOTACIÓN MINERA QUE NO AFECTEN LA DINÁMICA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MARMATO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</p> <p>Presentado por: Geog. SANDRA RODRÍGUEZ LUNA</p> <p>Director de Trabajo de Grado Ing. RICARDO SANABRIA MARTÍNEZ</p>	<p>Convenciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ viviendas — Hidrico — limite_mun — cabecera_m — limite_cp ■ areas_aptas_noconflic 	<p>Información Cartográfica:</p> <p>Sistema de Coordenadas: Colombia Zona Oeste Proyección: Transverse_Mercator Falso Este: 1000000,00000000 Falso Norte: 1000000,00000000 Meridiano Central: -77,08091667 Latitud de Origen: 4,59904722</p> <p>Fuente Mapa Base: IGAC Mapa Tematico: Fecha: Noviembre 2012</p>	<p>ÁREAS AMBIENTAL Y TERRITORIALMENTE COMPATIBLES CON LA MINERIA EN EL MUNICIPIO DE MARMATO</p>
---	--	--	---	---

Como resultado se obtiene que las áreas compatibles ambiental y territorialmente con la minería en el municipio de Marmato, suman en total 969,8 hectáreas que representan el 25% del área total del municipio.

Cabe anotar, que dentro de este modelo no se incluyeron otras consideraciones territoriales como las áreas aptas para la explotación agropecuaria, toda vez que el insumo principal para ello es la clasificación agrológica de los suelos se encuentra a escala 1:200.000. No obstante, de las áreas con potencial minero, el 23% del área total municipal está dedicada a la producción de café y caña, lo que deja un área de 23 hectáreas de potencial minero compatibles con las áreas de protección ambiental, territorial y explotación agrícola, que representan el 0,6% del área total del municipio.

10. CONCLUSIONES

- a) El análisis de la información a utilizar, es clave en el proceso de establecer zonificaciones, ya que según su estado, puede llevarnos a tomar decisiones finales erradas. También es importante hacer la verificación en campo de los aspectos que son importantes espacialmente, para la zonificación, en este caso de las áreas ambiental y territorialmente aptas con la minería.
- b) Mediante la utilización de las herramientas SIG, se pueden visualizar las restricciones y aislamientos que se definen en las normas nacionales y regionales y que requieren definirse espacialmente en un territorio específico.
- c) El model builder es una gran herramienta de ArcGIS, con un entorno gráfico que le facilita a los no programadores con conocimiento en ciencias de la Tierra, diseñar modelos de automatización de flujos de trabajo, de manera tal que le permite actualizar y monitorear las áreas temáticas que se utilizaron en los mapas de entrada y ajustar las áreas ambiental y territorialmente compatibles con la minería.
- d) Fue posible acotar, el verdadero potencial minero que no afecte la sostenibilidad ambiental, el desarrollo territorial y la producción agropecuaria; para el caso de Marmato, de un 90% del total del territorio con potencial minero a un 25% del territorio con posibilidad de explotación minera sin afectar los recursos naturales renovables y las infraestructuras construidas en desarrollo territorial y; un 0,6% de área neta compatible con



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

la minería que no afecta los recursos naturales, el desarrollo territorial y la producción agrícola de café y caña.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aceves-Quesada, F., López-Blanco, J., & Martin del Pozzo, A. L. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* , 124.
2. Bocco, G. (2003). *Cartografía y sistemas de información geográfico en el manejo integrado de cuencas*. Mexico.
3. CORPOCALDAS. (2011). *Resolución 077. Por la cual se fijan los lineamientos para demarcar la faja forestal protectora de los nacimientos y*. Manizales.
4. CORPOCALDAS. (2009). *Resolución 471. Por la cual se define la estructura ecológica principal del territorio de jurisdicción de CORPOCALDAS*. Manizales.
5. Cortes Arreguín, J. d. (2001). *Principales problemas ecológicos mundiales*. Mexico.
6. DANE - Banco de la Republica. (2010). *Informe de Coyuntura Económica Regional - ICER*. Bogotá: Departamento de Documentación y Editorial del Banco de la Republica.
7. DANE. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE*. Recuperado el Febrero de 2012, de www.dane.gov.co
8. Environmental System Resources Investigations - ESRI. (2005). *The Geographic Advantage. GIS Solutions for Mining*. www.esri.com/mining.
9. ESRI. (1995). *Arc GIS Resource Center*. Recuperado el 4 de Marzo de 2012, de <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//002w000000100000>
10. Flamenco, A. (2000). *Los sistemas de información geográfica y los recursos naturales. Retomado de Beyond mapping: concepts, algorithms, and issues in GIS*.



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

11. García, L., & Otalvoro, D. (2009). *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales*. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería.
12. IGAC - MAVDT. (2008). *Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional*. Bogotá.
13. Martínez, P., & Moreno, A. (2005). Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología en la Información Geográfica*, 249.
14. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). *Criterios técnicos para la evaluación ambiental, social y territorial de la sabana de Bogotá y redefinición de las zonas ambientalmente compatibles con la minería*. Bogotá.
15. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Vivienda, Ciudades y Territorio). (2009). *Esquema de Ordenamiento Territorial EOT de Marmato, versión propuesta sin adoptar por el Municipio*. Bogotá.
16. Moreira, A. (1996). Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ambiente y Desarrollo - Universidad Católica de Chile*, 80.
17. Naciones Unidas. (2000). *Manual de sistemas de y cartografía digital*. New York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Estadística. Naciones Unidas.
18. National Aeronautics and Space Administration, NASA; SDSU, San Diego State University; La Cuesta, International, Inc. (1998). *Integrated Use of Remote Sensing and GIS for Mineral Exploration*. San Diego - US.
19. Oyarzun, J. (2008). *Evaluación de Impactos Ambientales*. Santiago de Chile: www.aulados.net.
20. Presidencia de la Republica de Colombia. (22 de diciembre de 1993). *Ley 99 de 1993*. Bogotá: Diario Oficial No. 43.091.



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

Facultad de Ciencias e
Ingeniería

Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

21. Revista Portafolio. (2011). El país no estaba preparado para el auge minero.
22. Rodriguez, A. &. (2006). Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio. *El Acceso a la Información Espacial y las Nuevas Tecnologías Geográficas* , 325.
23. Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. (2003). *Régimen Legal de Bogotá*. Recuperado el 2 de febrero de 2012, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
24. Sinnakaudan, S., & Abu Bakar, S. (2004). *Tight Coupling of SFlood and ArcView GIS 3.2 for Flood Risk Analysis*. Penang, Malaysia: Water Resources Engineering and Management Research Centre (WAREM).
25. van Westen, C., & Vargas, R. (2005). *Introducción a los sistemas de información geográfica SIG*. Enschede, The Netherlands: UNESCO RAPCA - International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).
26. X Conferencia Iberoamericana de sistemas de información geográfica. (2005). Las Tecnologías Geográficas Aplicaciones Locales para la Conservación Global. *Memorias X Conferencia Iberoamericana de sistemas de información geográfica* , 55.