



Propuesta metodológica para la determinación de áreas mineras a través de análisis de cartografía digital.

Methodological proposal for the determination mining areas through digital cartography analysis

**Ricardo Alberto Manrique-Abril ¹.
Angela Magaly Garcia Rivera ².**

¹ *Lic en Biología y química. (e) Ing Ambiental. Grupo de Investigación GIMAD. INGEOTER SAS.*
² *Zootecnista. Grupo de Investigación GIMAD. Biominerales Col. Universidad Nacional de
Colombia. rmanriquea@unal.edu.co*

Resumen

El presente estudio busca contribuir al desarrollo de una metodología, a partir del uso de la cartografía digital disponible, con Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la definición de áreas susceptibles a intervención directa dentro del desarrollo minero, mediante obras y operaciones mineras, sin deteriorar la Estructura Ecológica Principal, realizando el procesamiento de la información, análisis y evaluación facilitando criterios de evaluación ambiental a las empresas que tienen las posibilidades del desarrollo minero. Para el municipio de Chivata, la Estructura Ecológica está conformada por las coberturas: Bosque Natural, Bosque Plantado, Vegetación Rupícola y Páramo. Además, lo correspondiente a las franjas de protección de las zonas de recarga hídrica para el acuífero de Tunja, que se trazan longitudinalmente al territorio en tres ejes en dirección noreste, incluyendo los nacederos, manantiales y las corrientes de agua.

La estructura geológica presente en el municipio es la base sobre la cual se posibilita y estructura la zona de recarga hídrica ya que posee la misma dirección del acuífero y por ende es donde se ubican los títulos mineros concesionados por la Agencia Nacional de Minería y licenciados por la autoridad Ambiental correspondiente.

Palabras clave: estructura ecológica, áreas de recarga hídrica, título minero.

ABSTRACT

The present study seeks to contribute to the development of a methodology, based on the use of available digital cartography, with Geographic Information Systems (GIS), in the definition of areas susceptible to direct intervention in mining development, through mining works and operations, without deteriorating the Main Ecological Structure, carrying out the processing of information, analysis and evaluation by providing environmental assessment criteria to companies that have the possibilities of mining development.

For the municipality of Chivata, the Ecological Structure is made up of the following covers: Natural Forest, Planted Forest, Rupícola Vegetation and Páramo. In addition, what corresponds to the protection bands of the water recharge zones for the Tunja aquifer, which are traced longitudinally to the territory in three northeastern directions, including the springs, springs and water currents.

The geological structure present in the municipality is the basis on which the water recharge area is made possible and structured since it has the same direction of the aquifer and therefore is where the mining titles concessioned by the National Mining Agency and graduates are located. the corresponding Environmental Authority.

Key words: ecological structure, water recharge areas, mining title.

INTRODUCCION

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han sido una herramienta para el análisis y ordenamiento del territorio, en donde se busca la compatibilidad del medio biofísico, social y el desarrollo de las actividades económicas (Leff, 2005). La complejidad de los ecosistemas y sus diferentes interrelaciones socio económicas, que a su vez deben permitir el mantenimiento los procesos ecológicos esenciales, hacen que se requiera de herramientas que permitan la toma de decisiones en el ordenamiento del territorio y la definición de la estructura ecológica principal. (Remolina & Fernando, 2006).

Una de las actividades que representa mayor complejidad dentro del ordenamiento de los territorios desde la perspectiva ambiental, normativa y de desarrollo económico, es la minería, además de

modificar el paisaje y la geo forma, e, impactar el ambiente desencadenando posibles efectos para el cambio climático, la salud ambiental y la gestión del riesgo. (Jorge, Salamanca, Leal, Morales, & Montes, 2013), obedece a un sistema de formalización para ejercer la actividad en donde se debe contar con un título minero y una licencia ambiental otorgados por las autoridades competentes, por tal razón, los procesos mineros deben estar como derroteros en el Ordenamiento Territorial.(Glave & Kuramoto, 2002)(Güiza Suárez, 2011)

El municipio de Chivatá, ubicado a 8 kilómetros de la ciudad de Tunja y con un territorio ampliamente intervenido por diferentes actividades económicas las cuales han transformado el ecosistema original y con ello la dinámica de los mismos, en donde la red hídrica es prácticamente nula, presenta una Estructura Ecológica Principal de 2351 Ha, ocupando el 44.96 % del área municipal, con cuatro tipos de coberturas.(Chivatá, 2013)(Sanhueza, Manosalva, & Naranjo, n.d.) (Agencia Nacional de Minería. ANM, 2015)

METODOLOGIA

Se realizaron dos fases: una de campo para la consecución y análisis de información acerca de las especies vegetales presentes con ayuda de imágenes satelitales, claves botánicas y coberturas, donde también se localizaron y georreferenciaron las Unidades Productivas Mineras (UPM), además de reconocer las áreas de recarga y construir el modelo hidrogeológico local. La segunda fase se realizó a partir del análisis información secundaria sobre titulación minera en el Catastro Minero Colombiano y de licenciamiento ambiental en el sistema de información ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, (CORPOBOYACA), por último, se analiza la información del acuífero de Tunja y el modelo hidrogeológico construido por la autoridad ambiental. (CORPOBOYACA, 2016)

El análisis de la información parte de la estructura de las coberturas vegetales que están expuestas a ser intervenidas por infraestructura y actividades mineras. Seguidamente se determina las áreas de zonas de recarga hídrica y de protección de nacederos que convergen con tales coberturas para excluirlas de las que son exclusivamente de recarga y nacederos que serán intersectadas con los títulos de manera tal que se pueda calcular las áreas de posible intervención minera por cada título.

RESULTADOS

Las coberturas vegetales encontradas y analizadas corresponden a cuatro formaciones vegetales de acuerdo a la metodología de Corin Land Cover como se observa en la tabla 1.

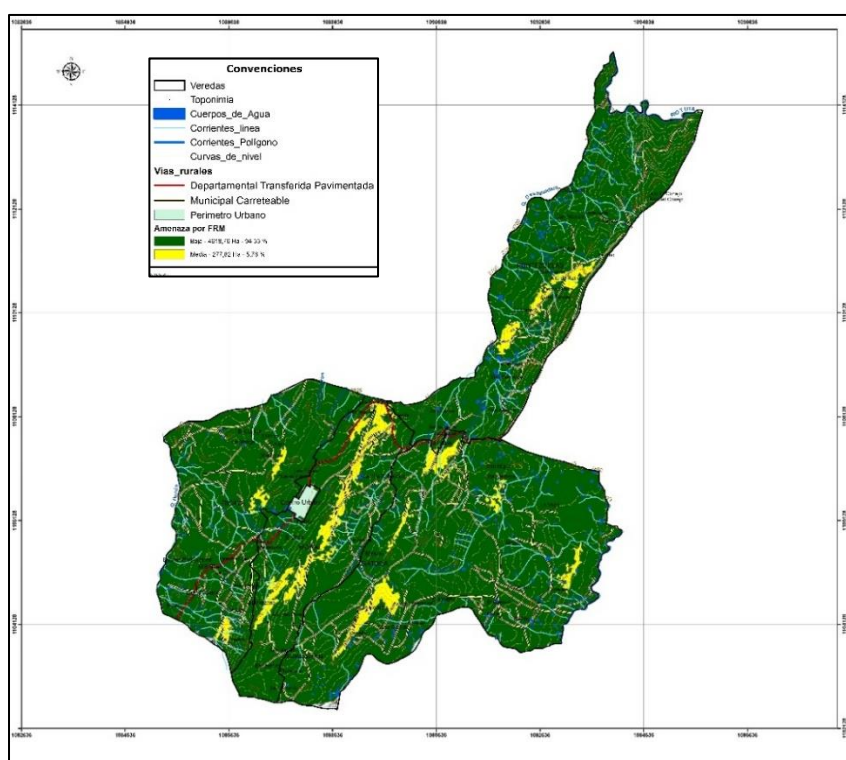
Tabla 1. Coberturas de protección-conservación del municipio de Chivatá

COBERTURA	Área en el municipio	Porcentaje del área municipal
------------------	-----------------------------	--------------------------------------

Bosque natural fragmentado	8,77 Ha	0,05%
Bosque plantado	127,35 Ha	0,76%
Páramo	86,68 Ha	0,52%
Vegetación rupícola	9,8 Ha	0,06%

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta la geología regional y local, las áreas de amenaza por fenómenos de remoción son de categoría media y están ubicadas de manera longitudinal, como el rumbo de las formaciones geológicas, en un área total de 277.82 Ha, equivalentes al 5.76 % del área territorial. Por lo tanto, estas áreas se establecen para planeamiento minero y de acuerdo con éste serán manejadas.



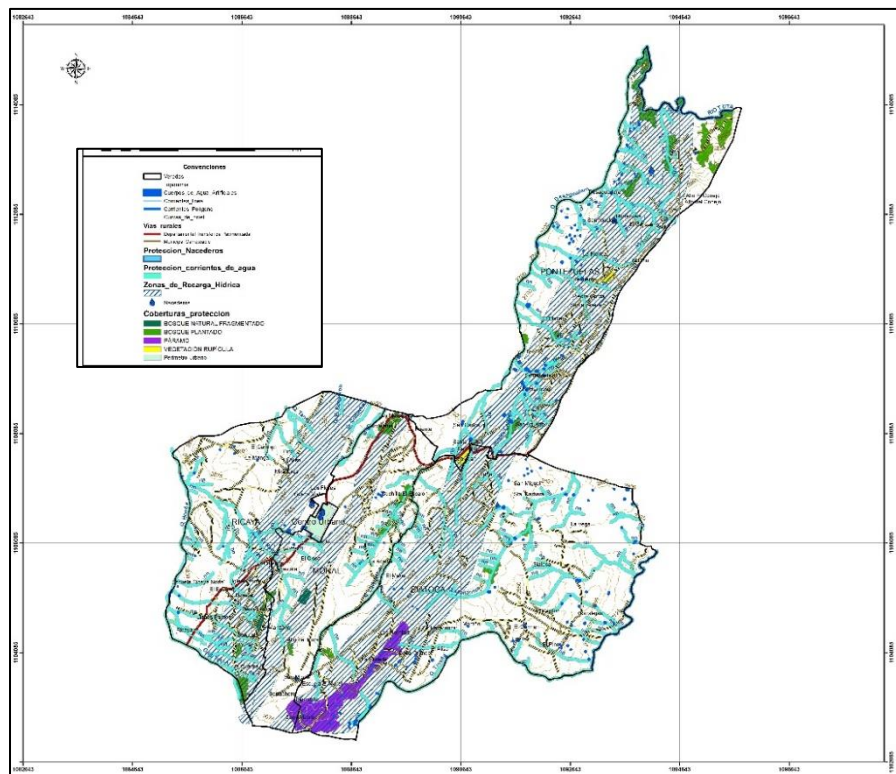
Mapa 1. Amenazas por fenómenos de remoción en masa. Fuente Autores

Las Zonas de Recarga Hídrica representan un área municipal de 2119,03 Ha, equivalentes al 42.93% del área municipal, atraviesa longitudinalmente al municipio en los sectores centro y oeste, con una dirección noreste en tres grandes áreas. Además, las áreas de protección de nacederos, que son 12, ocupan un área municipal de 31.60 Ha, correspondientes al 0.64% del área municipal. Los cuerpos de agua artificiales (reservorios) no hacen parte de la estructura ecológica.

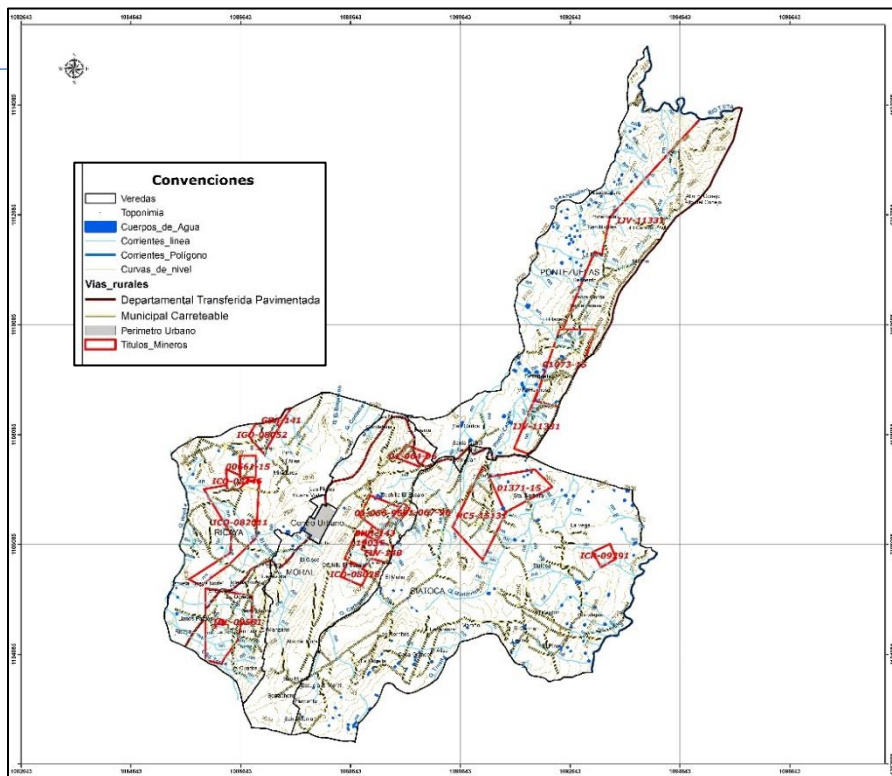
Como resultado de la intervención humana y de las variaciones en el cambio climático, salvo los ríos que conforman las zonas limítrofes, no se encuentra una red hídrica definida y la existencia de las corrientes de agua, al interior del municipio, es nula. Esto implica que para este análisis no se tendrá en cuenta las áreas de protección de las corrientes de agua, que no se hallaron. Los cuerpos de agua

artificiales, corresponden a reservorios que permanentemente se están creando aprovechando las zonas de recarga y que a diciembre de 2017 eran alrededor de 200.

Se cuenta con 18 títulos mineros que tienen por objeto de explotación los siguientes minerales: arcilla (4), diatomita (2), caolín (1), materiales de construcción (1), carbón (9) y mineral de hierro (1). Sus polígonos tienen direcciones paralelas a las formaciones geológicas y por lo tanto a las zonas de recarga



Mapa 2. Estructura Ecológica Principal. Fuente: autores.



Mapa 3. Concesiones mineras. Fuente: EOT Chivatá.

ANÁLISIS

Los resultados relacionados con las áreas de protección y el tipo de cobertura que las conforma, luego se excluyen los que se intersecten con la zona de recarga para que sean netos o específicos. (Tablas 2 y 3)

Tabla 2. Relación de coberturas de protección-conservación por cada título.

CODIGO EXPEDIENTE	MINERALES	Area Título (Ha)	Categoría Vegetal	Area Categoría (Ha)	Porcentaje Protección Título (%)
BHH-143	CARBON	3,84	BOSQUE PLANTADO	0,64	16,57
01073-15	DEMAM_CONCESIBLES\ CAOLIN	79,77	BOSQUE PLANTADO	0,90	1,13
01-056-96	CARBON	26,33	BOSQUE PLANTADO	2,81	7,91
1903T	CARBON	5,93	BOSQUE PLANTADO	0,51	8,67
IV-11331	DEMAM_CONCESIBLES\ MINERAL DE HIERRO\ ASOCIADOS	1.901,83	BOSQUE PLANTADO	34,62	7,91
IV-11331	DEMAM_CONCESIBLES\ MINERAL DE HIERRO\ ASOCIADOS	1.901,83	VEGETACIÓN RUPÍCULA	4,87	0,26
IHL-09581	DEMAM_CONCESIBLES\ ARCILLA	82,17	BOSQUE PLANTADO	0,00	0,00
FLV-14B	CARBON	27,08	BOSQUE PLANTADO	0,10	0,38

Fuente:

Autores

Tabla 3. Relación de coberturas netas o específicas de protección-conservación por cada título.

CODIGO EXPEDIENTE	MINERALES	Area Título (Ha)	Categoría Vegetal	Area Categoría (Ha)	Porcentaje Protección Título (%)
BHH-143	CARBON	3,84	BOSQUE PLANTADO	0,64	16,57
01-056-96	CARBON	26,33	BOSQUE PLANTADO	2,30	15,05
1903T	CARBON	5,93	BOSQUE PLANTADO	0,51	8,67
IJV-11331	DEMÁS_CONCESIBLES\ MINERAL DE HIERRO\ ASOCIADOS	1.901,83	BOSQUE PLANTADO	29,34	6,70
FLV-14B	CARBON	27,08	BOSQUE PLANTADO	0,10	0,38

Fuente:

Autores

Determinando las áreas del título que deben ser protegidas por nacaderos, descontando lo referente al espacio que ocupan las coberturas mencionadas, se obtiene dos áreas (tabla 4):

Tabla 4. Relación de áreas de protección por nacaderos.

CODIGO EXPEDIENTE	MINERALES	Área Título (Ha)	Área Nacadero (Ha)	Porcentaje área del Título (%)
01371-15	DIATOMITA	49,97	0,05	0,09
NC5-15131	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	84,24	3,09	3,67

Fuente:

Autores

A través del proceso se ha realizado exclusiones de coberturas y nacaderos que se intersecten con el área de recarga hídrica para superponerla completa, obteniendo los siguientes datos (tabla 5):

Tabla 5. Relación de áreas de protección por zonas de recarga hídrica.

CODIGO EXPEDIENTE	MINERALES	Área Título (Ha)	Área zona recarga (Ha)	Porcentaje del área del título (%)
01-056-96	CARBON	26,33	2,73	10,37
01073-15	DEMÁS_CONCESIBLES\ CAOLIN	91,50	79,77	87,18
01371-15	DIATOMITA	49,97	5,40	10,81
ICQ-082011	DEMÁS_CONCESIBLES\ ARCILLA	94,09	4,09	4,35
IHL-09581	DEMÁS_CONCESIBLES\ ARCILLA	82,17	56,06	68,23
IJV-11331	DEMÁS_CONCESIBLES\ MINERAL DE HIERRO\ ASOCIADOS	437,47	330,90	75,64
NC5-15131	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	84,24	64,28	76,30

Fuente:

Autores

Descontando el total acumulado de áreas de protección se puede obtener el área útil para la realización de obras y operaciones mineras dentro de cada título (tabla 6).

Tabla 6. Área útil de cada título para realización de obras y actividades mineras.

CODIGO EXPEDIENTE	MINERALES	Área Título (Ha)	Área zona recarga (Ha)	Área Nacedero (Ha)	Área Cobertura (Ha)	Área Protección (Ha)	Porcentaje del Título en Protección (%)	Área Disponible Título (Ha)	Porcentaje Disponible Título (%)
01-056-96	CARBON	26,33	2,73			2,73	10,37	23,60	89,63
01073-15	DEMÁS_CONCESIBLES\CAOLIN	79,77	79,77			79,77	100,00	0,00	0,00
01371-15	DIATOMITA	49,97	5,40	0,05		5,45	10,90	44,52	89,10
ICQ-082011	DEMÁS_CONCESIBLES\ARCILLA	94,09	4,09			4,09	4,35	90,00	95,65
IHL-09581	DEMÁS_CONCESIBLES\ARCILLA	82,17	56,06			56,06	68,23	26,11	31,77
IV-11331	DEMÁS_CONCESIBLES\MINERAL DE HIERRO\ASOCIADOS	437,47	330,90		29,34	360,24	82,35	77,23	17,65
NC5-15131	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	84,24	64,28	3,09		67,37	79,97	16,87	20,03
BHH-143	CARBON	3,84			0,64	0,64	16,57	3,20	83,43
01-056-96	CARBON	26,33			2,30	2,30	8,73	24,03	91,27
1903T	CARBON	5,93			0,51	0,51	8,67	5,42	91,33
FLV-14B	CARBON	27,08			0,10	0,10	0,38	26,98	99,62

Fuente:

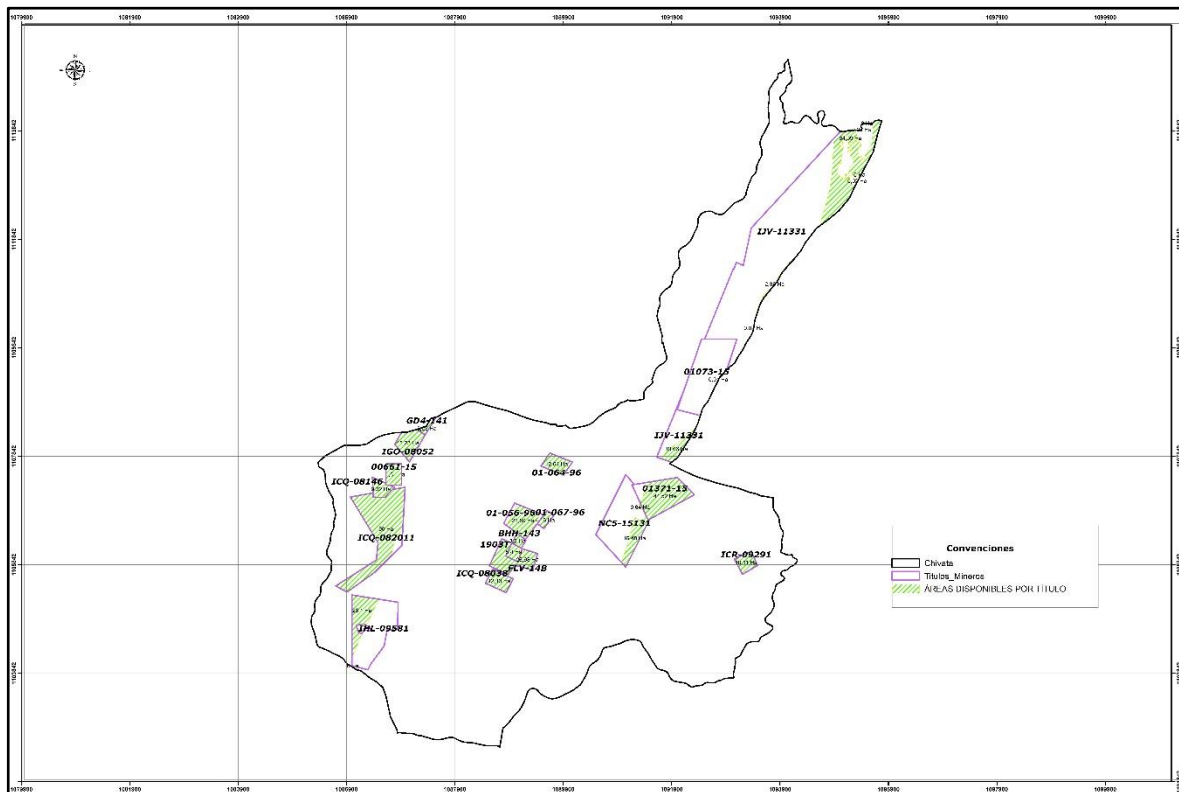
Autores

Los siguientes títulos tienen disponible toda el área que ocupan dentro del municipio (tabla 7) y mapa 4:

Tabla 7. Títulos sin áreas de protección

Código Expediente	Minerales	Área Disponible (Ha)
GD4- 141	CARBON\ DEMÁS_CONCESIBLES	3,23
01-064-96	CARBON	12,64
ICR-09291	DEMÁS_CONCESIBLES\ DIATOMITA	10,11
ICQ-08146	ARCILLA	9,32
00661-15	ARCILLA	11,31
IGO-08052	CARBON	18,23
ICQ-08038	CARBON\ DEMÁS_CONCESIBLES	12,13

Fuente: Autores



Mapa

4. Áreas disponibles para infraestructura y operaciones mineras. Fuente: Autores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El título 0107315 está ocupado totalmente por áreas de protección, lo que hace totalmente inviable su explotación.
- El título IJV-11331 tiene un área útil de 77.23 Ha, pero observando el mapa se puede establecer que dicha área está ubicada en la parte noreste con 64,09 Ha y que existe una línea muy delgada que la complementa atravesando el título en fragmentos lineales, y, finalmente se dispone de 10,66 Ha en la parte sur. Para ser un título tan extenso, con 437,47 Ha, es mínima el área disponible y la ubicación de la misma, poco conveniente, aunque los números avalen la disponibilidad, la geometría de la misma es inconveniente desde todo punto de vista.
- De acuerdo con el análisis en las áreas del título hay suficiente área disponible para el desarrollo de infraestructura y efectuar las operaciones mineras, habrá que analizar si esto afecta o favorece la realización de lo consignado en el planeamiento minero.
- En áreas cercanas a la zona de recarga se debe tener en cuenta que la infraestructura y los trabajos que se adelanten no afecten la estructura geológica del acuífero y su funcionamiento como tal.

- Los títulos con mayor afectación en área por zonas de protección son: IJV – 11331 con 360,24 Ha; 01073 – 15 con 79,77 Ha; NC5 – 15131 con 67,87 Ha, y, JHL – 09581 con 56,06 Ha.
- Los títulos que tienen menor área para realizar labores y actividades mineras son: BHH – 143 con 3,20 Ha; 1903T con 5,42 Ha, y, 0107315 con 11,73 Ha.

BIBLIOGRAFIA

- Agencia Nacional de Minería. ANM. (2015). *Boyacá avanza en Formalización Minera* / Agencia Nacional de Minería ANM. Bogota. Retrieved from <https://www.anm.gov.co/?q=BoyacaAvanzaenFormalizacionMinera>
- Buenaventura Arango, J. (2002). *Memoria explicativa del mapa de recursos minerales de Colombia : minerales metálicos, preciosos y energéticos a escalas 1:500.000 Y 1:1'500.000*.
- Chivatá, M. (2013). *Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud* (No. 1). *Contenido*. Chivata. Retrieved from https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/ASIS_2013/ASIS_CHIVATA_2013.pdf
- CORPOBOYACA. (2016). Plan de manejo ambiental acuífero de Tunja – Corpoboyacá. Retrieved from <http://www.corpoboyaca.gov.co/nuestra-gestion/planes/plan-de-manejo-ambiental-acuifero-de-tunja/>
- Glave, M. A., & Kuramoto, J. (2002). Proyecto minerales, minería y desarrollo sustentable– MMSD–. *Minería, Minerales Y Desarrollo Sustentable*.
- Goodland, R. (2012). Minería responsable : qué se entiende por "minería responsable? Retrieved from <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/09089.pdf>
- Güiza Suárez, L. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia *, *166*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/945/94522288008.pdf>
- Jorge, L., Salamanca, G., Leal, M. C., Morales, J. F., & Montes, R. E. N. (2013). Minería en Colombia. *Minería En Colombia Fundamentos Para Superar El Modelo Extractivista*, 209. Retrieved from <http://www.foronacionalambiental.org.co/wp-content/uploads/2011/11/libro-1.pdf#page=89>
- Leff, E. (2005). La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable : economización del mundo , racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza . *Alternativa de La Globalización*, 1–18. <https://doi.org/2173>, Folio 125, Tomo III,

- Remolina, & Fernando. (2006). Propuesta de tipología de corredores para la Estructura Ecológica Principal de Bogotá. *Revista Nodo, 1*(1), 13–20. Retrieved from <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/167>
- Sanhueza, V., Manosalva, S., & Naranjo. (n.d.). Síntesis de zeolita tipo phillipsita a partir de diatomitas colombianas. Retrieved from http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/12993_v1_S1_018.pdf
- UPME. (2016). *Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016*. Unidad de Planeación Minero Energética - UPME.