

**IDENTIFICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UN RELLENO SANITARIO A PARTIR DE UN SIG EN EL MUNICIPIO DE
PUPIALES - NARIÑO**

NELSON RICARDO ERAZO TAPIA



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2016**

**IDENTIFICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UN RELLENO SANITARIO A PARTIR DE UN SIG EN EL MUNICIPIO DE
PUPIALES - NARIÑO**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2016**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	13
1.1 DESCRIPCIÓN	13
1.2 DELIMITACIÓN	14
1.3 FORMULACIÓN	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. MARCO TEÓRICO	19
4.1 RELLENOS SANITARIOS Y MEDIO AMBIENTE	19
4.2 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	21
4.3 LOS SIG HERRAMIENTAS QUE FACILITAN LA TOMA DE DECISIONES	23
4.4 ANÁLISIS ESPACIAL	24
4. ANTECEDENTES	25
4.1 MARCO NORMATIVO	26
5. METODOLOGÍA	34
5.1 TIPO DE TRABAJO	34
5.2 PROCEDIMIENTO	34
5.2.1 Recolección, revisión y selección de información secundaria	34
5.2.2 Estructuración de Base de Datos y diseño del modelo	41
5.2.3 Procesamiento de información poblacional del municipio de Pupiales	43

5.2.4 Aplicación de operaciones espaciales	46
6. RESULTADOS	55
6.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	55
6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de la base de datos	42
Figura 2. Creación del Toolbox y del Modelo	42
Figura 3. Generación de Buffer	48
Figura 4. Selección por atributos	49
Figura 5. Modelo para generar Buffer	51
Figura 6. Modelo para crear sombras y pendientes	53
Figura 7. Mapa de áreas de aislamiento	55
Figura 8. Mapa de aptitud biofísica	56
Figura 9. Mapa de zonas aptas	57
Figura 10. Mapa de sitios potenciales mayores a 5 has	58
Figura 11. Predios aptos para la implementación del relleno sanitario	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Variables y criterios para identificación de áreas propicias	35
Tabla 2. Proyección poblacional año 2045	43
Tabla 3. Valores de parámetros	44
Tabla 4. Área requerida para el relleno sanitario	45
Tabla 5. Listado de predios aptos	60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Mapa Base	67
ANEXO 2. Mapa de Amenazas	68
ANEXO 3. Mapa de Coberturas de la Tierra	69
ANEXO 4. Mapa de Áreas Protegidas	70
ANEXO 5. Mapa de Pendientes	71
ANEXO 6. Mapa de Suelos	72
ANEXO 7. Mapa de Zonas Urbanas y Zonas de Expansión	73
ANEXO 8. Mapa de Aptitud Biofísica	74
ANEXO 9. Mapa de Zonas de Aislamiento	75
ANEXO 10. Mapa de Zonas Aptas con áreas superiores a 5 hectáreas	76

GLOSARIO

Almacenamiento de residuos sólidos: Es la acción del usuario de guardar temporalmente. Los residuos sólidos en depósitos, recipientes o cajas de almacenamiento, retornables o desechables, para su recolección por la persona prestadora con fines de aprovechamiento o de disposición final.

Gestión integral de residuos sólidos: Es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables.

Lixiviado: Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

Plan de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS: Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS.

Producción diaria per cápita. Cantidad de residuos sólidos generada por una persona, expresada en términos de kg/hab-día o unidades equivalentes, de acuerdo con los aforos y el número de personas por hogar estimado por el DANE.

Residuo sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables.

RESUMEN

La presente investigación está orientada hacia la identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales-Nariño, donde se utilizó como principal herramienta tecnológica el software ArcGis versión 10.2, a fin de obtener una capa espacial (polígono) que facilite la toma de decisiones en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, que mejore la prestación del servicio y contribuya a un ambiente sano para la comunidad.

En el municipio de Pupiales, el servicio de aseo cubre el 95% del casco urbano y Centro poblado, efectuando recolección de basuras 5 días a la semana con destino final al relleno sanitario La Victoria, Jurisdicción de la Ciudad de Ipiales. En las zonas que no se hace recolección de basuras se han convertido en botaderos de basura y para ello es necesario adquirir una unidad de recolección de basura ya que la actual no es acorde con la producción de residuos generados los cuales asciende aproximadamente a 160,8 toneladas de RS mensuales¹.

La evaluación de las áreas potenciales se efectuó mediante el análisis espacial que permitiera ponderar criterios biofísicos, socio-económicos y de aislamiento de acuerdo a la favorabilidad de las mismas, para lo cual fue necesario superponer la cartografía temática del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Pupiales y algunas generadas para este proyecto, que satisface los requerimientos normativos contemplados en el decreto 838 de 2005 y demás pertinentes.

Luego de aplicar la metodología propuesta se encontró que el municipio de Pupiales si cuenta con áreas potencialmente aptas para la implementación de un relleno sanitario, las cuales a pesar de resultar alta y medianamente favorables para dicho fin, deben ser sometidas a procesos de evaluación que permitan la rectificación y/o revalidación de las mismas, debido a que los resultados obtenidos en este proyecto se fundamentaron en la recopilación de información existente del área de estudio en el cual no se efectuó verificación de información, sin embargo este producto se convierte en un insumo más para el ordenamiento territorial, en el marco de la gestión para la construcción del mismo.

PALABRAS CLAVES: Análisis Espacial, Relleno Sanitario, Residuos Sólidos, Sitios Potenciales, Sistemas de información geográfica (SIG).

¹ ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUPIALES PGIRS 2015 – 2027. Alcaldía municipal de Pupiales. EMSERP-empresa de servicios públicos varios de Pupiales.

ABSTRACT

This research is oriented towards identifying potential sites for the implementation of a landfill in the municipality of Pupiales - Nariño, which was used as the main technological tool ArcGis software version 10.2, to obtain a spatial layer (polygon) that facilitate decision making under the environmental planning, improving service delivery and contribute to a healthy environment for the community.

In the municipality of Pupiales, toilet service covers 95% of populated town and center, making garbage collection five days a week with final destination to landfill La Victoria, Jurisdiction of the City of Ipiales. In areas without garbage collection is done have become garbage dumps and it is necessary to acquire a unit of garbage collection because the current is not commensurate with the production of waste which is approximately 160.8 Solid Waste tons monthly.

The assessment of potential areas was carried out by spatial analysis that would weigh biophysical, socio-economic criteria and isolation according to the favorability of them, for which it was necessary to superimpose the thematic mapping Scheme Zoning Township Pupiales and some generated for this project, which meets the regulatory requirements set out in decree 838 of 2005 and other relevant.

After applying the proposed methodology was found that the municipality of Pupiales if it has potentially suitable for the implementation of a landfill areas, which in spite of being high and moderately favorable for this purpose, must be subject to evaluation processes that allow rectification and / or revalidation of them, because the results of this project were based on the collection of existing information of the study area in which no verification of information was conducted, however this product becomes an input more for land use planning in the management framework for construction.

KEY WORDS: Geographic Information Systems (GIS), Landfill, Solid Waste Sites Potential, Spatial Analysis.

INTRODUCCIÓN

En el marco de la gestión integral de residuos sólidos, un elemento importante es la disposición final de manera controlada, lo que implica que para la localización de rellenos sanitarios, se deben cumplir con una serie de condicionantes ambientales y socioeconómicos, que garanticen impactos con mínimos sobre el medio ambiente y mayores beneficios en el bienestar de la comunidad; de manera que, antes de localizarlo es preciso iniciar un proceso de identificación de sitios potenciales, siguiendo la normatividad vigente.

La identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, se realizó mediante la aplicación del método de superposición de capas temáticas, que puede considerarse de bajo costo y que permite a la administración municipal y regional hacer la selección adecuada a través de la evaluación de alternativas, involucrando variables socio económicas, y biofísicas, a fin de incluir esta propuesta en el Esquema e Ordenamiento Territorial y que su construcción se haga efectiva.

La problemática ambiental de los residuos sólidos ha tomado fuerza en los últimos años aunada al consumismo exacerbado de productos “desechables”, y que la reglamentación en este aspecto ha sido poco efectiva a la hora de controlar esta situación. La política para la gestión de los residuos sólidos se fundamenta en primer lugar en la Constitución Política de Colombia, seguidas de la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994, siendo reglamentada en el Decreto 1713 de 2002, Decreto 2820 de 2010 y las Resoluciones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 1045 de 2003, 838 de 2005, 1390 de septiembre 27 de 2005 (modificada por la resolución 1684 de 2008, y esta a su vez por la 1529 de 2010 del MAVDT Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial); en esta última se establecen pautas para el cierre de los sitios de disposición final (botaderos a cielo abierto u otros sistemas inadecuados) que no cumplan las obligaciones indicadas en los términos establecidos en la Resolución 1045 de 2003².

Actualmente el municipio de Pupiales no cuenta con un relleno sanitario, únicamente se presta un servicio de recepción de residuos que son trasladados a la ciudad de Ipiales, haciendo que la el incremento en la tarifa se incremente considerablemente.

En este sentido, se precisa la realización de un trabajo asertivo de identificación de sitios potencialmente favorables para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales

² M. Noguera, K., & T. Olivero, J. (30 de Junio de 2015). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso Colombiano. Obtenido de http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/132/347-356.pdf

En consecuencia, con el uso de herramientas SIG se logró diseñar un modelo que incluya las variables biofísicas y socio-económicas para obtener una capa espacial con los diferentes sitios potenciales donde se puede implementar el relleno sanitario para el municipio de Pupiales; además, como resultado del análisis se logró identificar que para este municipio se necesitan 5,1 Ha de terreno para la construcción del mismo y que su vida útil será del 30 años (2016-2045).

Finalmente, la metodología desarrollada en este trabajo genera ventajas importantes como la fácil manipulación, aplicación y costos bajos, permite aplicar y evaluar variables en el contexto de la normatividad ambiental vigente en Colombia.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1 DESCRIPCIÓN

En la actualidad el municipio de Pupiales no cuenta con relleno sanitario, debido al incumplimiento de las normas establecidas en cuanto a localización y manejo final de los residuos sólidos, razón por la cual la entidad ambiental del departamento CORPONARIÑO realizó el cierre definitivo, en consecuencia, se ha realizado un convenio con el municipio de Ipiales para realizar la disposición final de éstos en el relleno sanitario de su jurisdicción, generando costos adicionales en la facturación por la prestación del servicio, afectando a la comunidad en general.

De acuerdo con la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios del municipio de Pupiales-Nariño EMSERP ESP y el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Pupiales formulado en el año 2015, el municipio cuenta con una población urbana de 19.029 habitantes, la producción per cápita de residuos está estimada en 87,06 Ton. /mes, en la zona urbana³.

La ley 388 de 1997⁴, estableció que los municipios debían definir las áreas potenciales para la construcción y operación del relleno sanitario municipal, sin embargo el EOT de Pupiales, se limitó a contemplar el sitio donde operaría este relleno, de igual manera cabe mencionar que en la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio, no se tuvo en cuenta el capítulo II del decreto 838 de 2005⁵, que establece el procedimiento, criterios, metodología, prohibiciones y restricciones para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos, es decir que en caso de que se llegare a presentar oposición por parte de la comunidad o se cumpla la vida útil no existen otros sitios potenciales identificados.

Actualmente en Colombia existe una política para la gestión integral de residuos sólidos que se fundamenta en las siguientes intervenciones: (a) culminar los procesos de cierre de botaderos a cielo abierto, enterramiento y disposición en cuerpos de agua, (b) fomentar la regionalización del servicio de aseo con énfasis en disposición final, (c) articular los temas de aprovechamiento y valorización de residuos, así como la minimización de residuos dispuestos, (d) articular los recursos invertidos en el sector provenientes de diferentes fuentes, y (e)

³ ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUPIALES PGIRS 2015 – 2027. Alcaldía municipal

⁴ Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial. CONGRESO DE COLOMBIA. 1997.

⁵ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. DECRETO 2981 DE 2013 (Diciembre 20). Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

fortalecimiento del sector de aseo a nivel empresarial⁶. Estas disposiciones confirman la importancia de la disposición final en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos, principalmente porque hay innumerables casos donde el inadecuado manejo en la disposición final genera impactos ambientales negativos para la salud y el ambiente.

La gestión para la construcción de un relleno sanitario está sujeta a dos aspectos básicos, en primer lugar, al cumplimiento del proceso de licenciamiento ambiental, y en segundo lugar, a la aplicación de una estrategia financiera articulada a las oportunidades sectoriales y locales.

Así pues, la construcción de un relleno sanitario exige la existencia de unos sitios potenciales elegibles para evaluación en el diagnóstico ambiental de alternativas, que contribuyan al bienestar de la comunidad y el medio ambiente, principalmente.

1.2 DELIMITACIÓN

El área de estudio donde se pretende identificar sitios potencialmente aptos para la construcción de un relleno sanitario a partir de un sistema de información geográfica (SIG), se localiza en el municipio de Pupiales, departamento de Nariño.

Como lo describe el Esquema de Ordenamiento Territorial 2008-2012⁷, el municipio de Pupiales se encuentra localizado al sur del departamento de Nariño, en el nudo de los pastos, hace parte de la región fronteriza Colombo-Ecuatoriana, pertenece al altiplano Túquerres-Ipiales-Cumbal y los afluentes del municipio discurren sobre la cuenca del río Guáitara. El municipio está ubicado altitudinalmente sobre los 2.965 m.s.n.m. aproximadamente y sobre las coordenadas geográficas 0°51'25" Latitud Norte y 77°34'12" Longitud Oeste.

Pupiales limita al norte con los municipios de Guachucal, Sapuyes, Ospina e Iles, teniendo como principal referencia la parte alta del páramo de Paja Blanca. Al sur limita con el municipio de Ipiales en la quebrada La Ruidosa y Doña Juana. Hacia el oriente limita con los municipios de Gualmatán e Ipiales, teniendo como referencia la quebrada Imbula Grande y el río Boquerón, respectivamente; y hacia el occidente limita con el municipio de Aldana, teniendo como principal referente de división al cerro Gordo o Guanacas y la quebrada Pusialquer. El municipio tiene una extensión de 130,49 Km² aproximadamente, que representa el 0,39% del total del departamento de Nariño, la cabecera municipal contempla 134,35 has, mientras que el centro poblado de José María Hernández consta de 35,9 has.

⁶ Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005.

⁷ Esquema de Ordenamiento Territorial 2008-2012. Alcaldía municipal de Pupiales.

Con respecto a la división Político-Administrativa, el municipio de Pupiales está dividido en zona urbana, zona rural y el Centro poblado de José María Hernández. La zona urbana se forma por barrios y urbanizaciones: El Centro, El Progreso, La Granja, San Francisco, La Unión, Avenida Sarasty, Alambuera, El Bosque, Urbanización Villa Real, Urbanización El Dorado, Urbanización Corazón de Jesús. La zona rural contiene veintidós (22) veredas: Chires Sur, Chires Centro, Chires Mirador, Espino Sur, Espino Alto, Quitiaquez, Tepud, Pusialquer, Casa Fría, El Gualte, El Común, Imbula Chico, Piacún, Fuelamuesquer, Cuás, Ejido San Antonio, La Concordia, Calpután, Inchuchala, Miraflores, Tres esquinas y San Juan Chiquito.

1.3 FORMULACIÓN

¿Qué áreas o sitios del municipio de Pupiales-Nariño son potencialmente aptos para la construcción de un relleno sanitario que permita un manejo óptimo de los residuos sólidos de acuerdo con la normatividad nacional vigente?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar, mediante herramientas SIG, sitios potenciales donde se pueda construir un Relleno Sanitario que permita un manejo adecuado de los residuos sólidos en el Municipio de Pupiales - Nariño.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los criterios a tener en cuenta dentro del proceso de selección de sitios potenciales donde se pueda construir un Relleno Sanitario.
- Establecer espacialmente los criterios técnicos para la localización de áreas potenciales donde se pueda construir un Relleno Sanitario mediante la aplicación de un SIG.
- Identificar las áreas potenciales para la construcción de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales-Nariño.

3. JUSTIFICACIÓN

Desde hace mucho tiempo Colombia ha venido trabajando en la búsqueda de soluciones al tratado los residuos sólidos, sin embargo, las políticas nacionales no han permitido unificar criterios de fondo para entrar en materia de este proceso que lleva a la afectación de la salud humana y alteración de ecosistemas que cada día aumenta.

Toda actividad humana genera desechos sólidos, que son cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales e institucionales. La generación de desechos sólidos es un problema a nivel mundial, pero mucho más arraigado en los países tercermundistas como Colombia.

Sin embargo, ciertos componentes de los residuos sólidos constituidos en orgánicos e inorgánicos tienen valor económico y rentable que mecanizados por la labor del reciclaje han menguado en mucho su disposición final, pero esta labor que implica un alto riesgo, sobretodo en estos municipios abandonados por las políticas estatales que no han logrado identificar la dimensión del peligro que arrojan los residuos o desechos peligrosos (RESPEL) debido a sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas que alteran significativamente la salud humana y el ambiente⁸.

De acuerdo a estudios realizados en el año 2004 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en Convenio con FUNDES y con apoyo de la CVC y el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible – CECODES-, dieron pie para que el Gobierno Nacional, el 3 de marzo de 2005 mediante el Decreto 0838, modificara el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos; además, este estudio realizado en el Valle del Cauca, “determinó una producción aproximada de 101.400 t/año de residuos peligrosos, de los cuales el 69% corresponde al sector industrial, el 26,2% al sector automotriz (baterías usadas y aceites usados), el 2.3% a residuos hospitalarios y un 2.5% a envases de agroquímicos. Mientras que un segundo estudio realizado para Bogotá, determinó una generación aproximada de 73.000 t/año de residuos peligrosos en el 2002. Si se incluye la generación de municipios aledaños como Soacha y Cota -Cajicá con fuerte presencia de sectores industriales la cifra puede ascender a 90.000 t/año”⁹.

⁸ Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005.

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas Climatológico de Colombia. Diciembre de 2005. p 217.

De ahí que este proyecto se convierta de gran importancia dentro del municipio de Pupiales, pues la identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario donde se realice manejo adecuado de los residuos sólidos, no altere las condiciones de salud de la población y no afecte el medio ambiente, se ha convertido en algo tan necesario como el agua para la vida.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 RELLENOS SANITARIOS Y MEDIO AMBIENTE

La conceptualización dada para los rellenos sanitarios, está clara en el legado normativo Colombiano y además en diferentes documentos tanto análogos como digitales sin embargo existe una definición muy completa “El relleno sanitario es entendido hoy en día como aquella instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos no reciclables ni aprovechables, diseñada para minimizar los impactos ambientales y reducir los riesgos sanitarios potencialmente generables por dichos residuos, a fin de controlar las reacciones y procesos propios de su descomposición dentro del mismo relleno, mediante procedimientos previstos y concebidos¹⁰”.

La gestión integral de residuos sólidos es entendida según el Ministerio de Desarrollo Económico¹¹, como una serie de actuaciones y mandatos que permiten dar un manejo adecuado a los residuos sin deteriorar el ambiente teniendo en cuenta el volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

Los rellenos sanitarios por su parte son una excelente alternativa para solucionar el problema de la disposición final de los residuos sólidos, ya que permiten confinar dichos estos residuos reduciendo los costos de operación por tonelada, los costos de administración, los impactos ambientales y puede ser implementado a nivel regional, la intervención de áreas a nivel regional y menores costos de las tarifas.

El relleno sanitario, de acuerdo con la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)¹², es una “técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en el menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, y cubriendo la basura allí depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria al fin de cada jornada”.

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Rellenos Sanitarios: Guía Ambiental. Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana. Grupo de Gestión Urbana y Salud. Fotolito América Ltda. Bogotá D.C., 2002.

¹¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Sección II, Título F, Sistemas de aseo urbano. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. 2000.

¹² Meléndez, C. 2004. Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos PROARCA. http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Guia_Celdas_Rellenos_Final_web.pdf. Último acceso diciembre 22 de 2009

Los residuos una vez recolectados pueden ser asignados a diversos procesos de transformación; incluyendo el reciclaje, el aprovechamiento energético, la elaboración de compost, la producción de biogás y la formulación de combustibles alternos, entre otros. Estos procesos deben estar enmarcados dentro de una Gestión Integral de Residuos Sólidos, de tal forma que representen beneficios sanitarios, ambientales, sociales, económicos e inclusive culturales¹³.

En nuestra región, el estado busca: “bienestar de la comunidad”, sin embargo en el municipio de Pupiales no existe un relleno sanitario. Si la normatividad vigente anima a los conciudadanos a formalizar una vida sana mediante herramientas de ley, quien debe ejecutarlas está ausente y muy remoto a practicarlas. De acuerdo a los estudios realizados se encuentran diferentes tipos de rellenos, entre ellos y del cual se debería disponer, está el relleno sanitario mecanizado¹⁴ “es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Dado que la región es pequeña y muy poca población, debería el gobierno regional y local acudir a las políticas públicas generadas por el gobierno nacional e instaurar un “relleno mecanizado” que a futuro se gozaría de las siguientes ventajas:

- I. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.
- II. Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.
- III. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.
- IV. Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- V. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.

¹³ M. Noguera, K., & T. Olivero, J. (30 de Junio de 2015). LOS RELLENOS SANITARIOS EN LATINOAMÉRICA: CASO COLOMBIANO. Obtenido de http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/132/347-356.pdf

¹⁴ BEJARANO MENDEZ EDGAR. PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS MUNICIPIOS DE LA REGION DEL GUAVIO. 2006.

- VI. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.
- VII. Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.
- VIII. Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal”. (Pérez, Javis V. 2008).

4.2. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el mundo entero existen generadores de residuos de diferente contextura, composición y características, debido a la magnitud de su importancia, cada país en materia legislativa adopta sus correspondientes normas para la gestión de estos residuos; por ejemplo en Colombia, “en el artículo 9 del Decreto 1713 de 2002¹⁵, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos debe desarrollarse a partir de un diagnóstico integral inicial, de la evaluación de la situación actual para encontrar las debilidades y fortalezas, de la identificación de posibles escenarios futuros, del diseño y puesta en marcha de programas, proyectos y actividades organizadas en un plan de acción para el corto, mediano y largo plazo y de la aplicación de un sistema de medición de resultados o programa de seguimiento y monitoreo, que permita avanzar hacia condiciones óptimas en un esquema de mejoramiento continuo, teniendo como base la Ley 142 de 1994 y la Política para la Gestión Integral de Residuos establecida por el Gobierno Nacional”, dicho de otra manera los PGIRS son un elemento de planificación compuesto por un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades para la prestación de servicio de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos en los cuales se deberá contemplar cada uno de los componentes del servicio, en las modalidades de servicio ordinario y especial, ejecutado por los diferentes entes territoriales y los prestadores del servicio de aseo, mediante una asignación y definición clara de responsabilidades.

Valga la pena anotar que los entes territoriales dentro de su Plan de Ordenamiento Territorial POT, deben visionar de manera clara y positiva que los PGIRS obligatoriamente deben contemplar:

- I. Servicio organizado Institucionalizado.
- II. Gestión de residuos al mínimo costo.
- III. Participación en Proyectos regionales.
- IV. Disposición final De residuos en sitios adecuados.

¹⁵ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. DECRETO 2981 DE 2013 (Diciembre 20). Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

- V. Promoción de empleo social A través del Aprovechamiento.
- VI. Aprovechamiento de los residuos con viabilidad de uso y comercialización.
- VII. Usuarios con participación En el capital De la empresa.
- VIII. Aprovechamiento de los residuos con viabilidad de uso y comercialización (MAVDT. 2003), todo con la finalidad de que la cobertura del servicio se amplíe con calidad y continuidad

Si las herramientas que ofrece el estado están de parte de la comunidad, porque los mandatarios de los entes territoriales no las han acogido con beneplácito y se han dedicado a transformar el horizonte de las colectividades buscando el bienestar ambiental. No debemos desconocer que el mal manejo de los residuos sólidos así sean RESPEL o de diferente composición, son nocivos para el bienestar de las colectividades y la contaminación del medio ambiente, razón por la cual las bases de la política para la gestión de los residuos sólidos tiene algunas consideraciones, entre ellas tenemos: “Desde la perspectiva de sus destinatarios, la política tiene dos grandes componentes. El primero relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del Estado, y que se orienta a establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades en cuanto a la gestión de residuos sólidos, de manera especial a los municipios, involucrando las diferentes estrategias e instrumentos para fortalecer la acción del Estado en esta materia. El segundo referido a la vinculación que el sector privado tiene en cuanto a la generación de residuos”¹⁶. Es de anotar que los problemas de contaminación ambiental en su gran mayoría son ocasionados por las grandes industrias que a la postre son responsabilidad del sector privado, de ahí que el estado invita a que el sector privado debe intervenir de manera directa con esta política.

En la actualidad el Estado exige muy poco al sector privado en cuanto a la producción de residuos sólidos; en el marco de la “política de producción limpia”, se debe incentivar la minimización de residuos en su producción, concepción que se torna ventajosa para las grandes industrias debido a que las fábricas juegan con la relación directa: entre menos residuos generen, más ganancia para la empresa.

A su vez, el Estado dentro de la política asume los aspectos técnicos, económicos, administrativos, ambientales y sociales, llevando con sigilo la asistencia del servicio de aseo. Los aspectos técnicos ampliamente conocidos, se refiere a líneas de acción en las diferentes etapas de los residuos sólidos: generación, almacenamiento, recolección, aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

Por su parte el Ministerio del Medio Ambiente fundamentado bajo los principios de desarrollo sostenible establece como objetivos que gran relevancia los siguientes:

¹⁶ Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. (1997) Política para la Gestión Integral de Residuos. Tomado en <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/poli/politica%20de%20residuos.pdf>

- I. la minimización del impacto ambiental negativo que causan los residuos.
- II. El crecimiento económico
- III. El mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad en general así como de las condiciones sociales de quienes intervienen en las actividades relacionadas con la gestión de los residuos (MMA. 1997).

Para el establecimiento de políticas públicas se debe tener claridad de quien será el responsable de ejecutarlas, para eso, el Estado consecuentemente y de manera absoluta determino que para ejecutar la política y para afianzar mecanismos de supervisión, organización, coordinación entre otros están “el Ministerio del Medio Ambiente con el Ministerio de Desarrollo, la Comisión Reguladora de Agua y Saneamiento Básico, las Corporaciones Autónomas Regionales y las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos¹⁷”.

4.3 LOS SIG HERRAMIENTAS QUE FACILITAN LA TOMA DE DECISIONES

Los Sistemas de Información Geográfica hoy en día son la herramienta más versátil para almacenar y analizar información espacial, ya que al ser una herramienta de análisis, influye en el mejoramiento de la efectividad y la eficiencia de las operaciones cartográficas, tanto en la manipulación como en el tratamiento de los datos, en la representación de escenarios y alternativas de respuesta a situaciones que se identifiquen en el territorio.

Según el IGAC¹⁸, “los Sistemas de Información Geográfica se definen como el conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos”.

Como lo expresa Olaya¹⁹ un Sistema de Información Geográfica - SIG, está basado en la ejecución de actividades como la lectura, edición y almacenamiento de datos; en el análisis de estos datos lo que permite realizar consultas sencillas y además la elaboración de modelos complejos que espacializan diferentes elementos básicos como temáticos y finalmente la generación de mapas, informes, gráficos, entre otros.

Las principales características de dichos SIG son la realización de búsquedas y análisis espaciales las cuales los diferencian de los Sistemas asistidos por

¹⁷ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. POLITICA PARA LA GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS .SANTAFE DE BOGOTA. Agosto de 1997

¹⁸ IGAC. (2005). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación. Bogotá: CIAF.

¹⁹ Olaya, Víctor. (2011). Sistemas de Información Geográfica.

computador - CAD, dichas características permiten lograr resultados confiables que les sirven y facilitan a los planificadores la toma de decisiones.

La información resultante es utilizada para resolver problemas desde los sencillos hasta los más complejos relacionados con el ambiente, el equipamiento social, las actividades agrícolas y silviculturales, recreativas, la demografía, los recursos mineros, los recursos forestales y faunísticas, entre otros.

Actualmente la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica - SIG, es usada en forma masiva a nivel mundial, es aplicable a todos los campos del conocimiento, en el campo social, físico, económico, político y cultural, con el fin de resolver problemas y preguntas, cuyas respuestas son utilizadas por personas de forma independiente o dentro de una organización determinada.

4.4 ANÁLISIS ESPACIAL

El Análisis espacial utilizando el álgebra de mapas como una herramienta SIG de ArcGIS, permite superponer o combinar varias temáticas con el fin de determinar las posibles áreas donde se puede localizar y construir en este caso, un relleno sanitario. Además está la herramienta Model Builder que permite hacer la combinación de diversas capas espaciales a fin de obtener un resultado específico de acuerdo a un diseño establecido.

Peña Llopis²⁰ explica que el análisis espacial se trata de una serie de técnicas en las que se combinan diferentes temas o capas temáticas con el propósito de encontrar relaciones entre los datos y patrones que permitan tomar decisiones respecto a los resultados encontrados.

Según Buzai²¹ el análisis espacial se basa en cinco conceptos fundamentales, los cuales se resumen a continuación:

Localización, significa que cada objeto cartográfico incluido sus atributos se ubican de manera específica en el espacio geográfico. La ubicación desde el punto de vista de un “sitio” se amarra a un sistema de coordenadas que en el tiempo no cambian. La ubicación desde el punto de vista de la “posición” se referencia según las escalas o formas de medición, lo que hace que los resultados cambien.

²⁰ Peña Llopis, Juan. (2005). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Encontrado en <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/557.pdf>

²¹ Buzai, Gustavo D. (s.f.). Capítulo 7. Análisis espacial con sistemas de información geográfica: Sus cinco conceptos fundamentales. Programa de Estudios Geográficos (PROEG), Universidad Nacional de Luján. Encontrado en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/libro-13/CAPITULO-07.pdf>

Distribución espacial, se refiere a que un grupo de objetos cartográficos que son del mismo tipo tienen una repartición en el espacio de una determinada manera. Estos objetos cartográficos en sistema vectorial pueden ser puntos, líneas o polígonos; igualmente los puntos localizados de manera dispersa o áreas localizadas de manera contigua en sistema ráster. Se pueden transformar los objetos tipo ráster a vector o de vector a ráster con el fin de lograr mayor aptitud cuando se haga el análisis espacial.

Asociación espacial, se refiere a que al comparar diferentes distribuciones espaciales se puede estudiar las semejanzas encontradas. El análisis visual es la técnica de comparación más clara, después de haber realizado la superposición de ambas distribuciones. Al superponer las dos distribuciones se verifica el grado de asociación con base en una proporción de correspondencia. Si la superficie de superposición es mayor, mayor será la asociación existente entre ellas.

Interacción Espacial, en este concepto es necesario la estructuración de un espacio relacional donde las localizaciones, distancias y vínculos son muy importantes en la determinación de espacios funcionales.

Evolución Espacial, en este tema se involucra la dimensión temporal por medio de la constante transición de un estado a otro. A pesar de que los estudios geográficos se hacen del presente, no se debe desconocer la dimensión temporal en un análisis geográfico completo es muy importante.

5. ANTECEDENTES

Dentro del proceso de identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográficos que a lo largo del tiempo han ampliado su campo de aplicación en diversos enfoques gracias a que es una herramienta que facilita los procesos de análisis, procesamiento, almacenamiento, etc. de información geográfica; algunas de las experiencias relacionadas con este contexto, se pueden describir las siguientes:

Dentro de un contexto internacional, Saavedra y Nogales²² utilizaron un procedimiento similar al que se pretende aplicar en este proyecto. Dicho estudio se enmarcó en la identificación de un sitio para el relleno sanitario de Cochabamba, aplicando el método de combinación de criterios que usa la técnica comparativa, ponderando la información del sitio; se le asigna a cada tipo de

²² SAAVEDRA V., Oliver C. y NOGALES E., Oscar A. Nuevo Emplazamiento del Relleno Sanitario para el Municipio de Cochabamba. Memorias XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Cochabamba, Bolivia. 1998. Accesible en internet en: <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/resisoli/nuempl/nuempl.html>

información del sitio en una misma escala un valor numérico, en seguida, se selecciona una combinación particular de criterios y luego se identifican los sitios que se adecuen o satisfagan esta combinación. Luego, el proceso es repetido para otra combinación.

Ya en el año 1995, se efectuó un estudio en el municipio de Salinas – Puerto Rico, para identificar la ubicación más apropiada para un relleno sanitario a nivel regional. El estudio fue efectuado también usando un Sistema de Información Geográfico (SIG). El análisis consideró los siguientes criterios: fallas geológicas, distancia de los aeropuertos, áreas susceptibles a inundación y/o fenómenos de remoción en masa, la localización de humedales. Otros factores utilizados en el análisis incluyeron pozos de abasto de agua, comunidades, reservas naturales, bosques estatales, especies amenazadas y en peligro de extinción, pendientes del terreno, infraestructuras de derechos de pasos, y cuerpos superficiales de agua²³.

Entrando en el contexto nacional, el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS, ahora Servicio Geológico Colombiano) teniendo como base una información análoga, asesoró e proceso de construcción de un nuevo relleno sanitario denominado Parque Ambiental Chicalá, donde uno de los objetivos planteados, es (i) Establecer, por medio de sistema de información Geográfica, las áreas que de acuerdo con consideraciones principalmente geoambientales, y bajo condiciones legales y funcionales, resultan potenciales para su utilización como sitio de disposición de residuos sólidos municipales de la ciudad de Ibagué. El análisis del estudio concluye afirmando que, (i) El sitio potencial para el relleno sanitario esta al sur occidente del abanico de Ibagué, y (ii) Que la aplicación de este método reduce costos y permite a los funcionarios de las instituciones municipales la toma de decisiones apropiadas²⁴.

Entrando al entorno local, al sur del país se elaboró un estudio denominado Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán, donde se puntualizan algunas recomendaciones como: realizar un análisis jurídico de las propiedades, derecho y servidumbres del sitio o los sitios seleccionados, teniendo en cuenta la descripción del bien, cabida y linderos, identificación del propietario, la tradición del bien, identificación de gravámenes y limitaciones al dominio y concepto y diagnóstico. Efectuar estudios y pruebas de campo al predio seleccionado (área que obtuvo la

²³ QUIÑONES, Ferdinand, y BEALE, Carlos. Utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para la Ubicación de un Relleno Sanitario Regional en Puerto Rico. CSA Architects and Engineers - GeoData, Inc. Accesible en internet en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico/lxii.pdf>

²⁴ VERGARA, Heyley; et al. Análisis Preliminar para la Delimitación de Áreas Potenciales y la Selección de Áreas Favorables para la Futura Ubicación del Relleno Sanitario de la Ciudad de Ibagué, Tolima. Informe N°1. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear –INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D.C., 2002. Accesible en internet en: http://productos.ingeominas.gov.co/productos/OFICIAL/geoamena/efgeoamb/edetalle/pdf/ibague/r_memoria.pdf

mayor puntuación), con el fin de ratificar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para ubicar el sistema de disposición final, como un Estudio topográfico y un estudio de suelos²⁵.

5.1 MARCO NORMATIVO

- **Decreto 2811 de 1974.** Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente.

Artículo 35: Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios y, en general desechos que deterioren los suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos.

Artículo 37: Los municipios deberán organizar servicios adecuados de recolección, transporte y disposición final de basuras.

- **Ley 9 de 1979.** Código Sanitario

Artículo 25: Solamente se podrán utilizar como sitios de disposición de basuras los predios autorizados expresamente por el ministerio de salud o la entidad delegada.

- **Constitución Política de Colombia de 1991.**

Artículo 49: “La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del estado”.

Artículo 79: “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del estado la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

Artículo 80: “El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, operará con otras nociones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”.

Artículo 311: “Al municipio como entidad fundamental de la división político administrativa del estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el

²⁵ DORADO A, CERÓN R, Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán. Popayán. Julio de 2012.

desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la constitución y las leyes”.

- **Ley 99 de 1993**; Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y se organiza El Sistema Nacional Ambiental –SINA.

Artículo 17: “Créase el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, el cual se organizará como un establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio del Medio Ambiente, con autonomía administrativa, personería jurídica y patrimonio independiente, encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio. El IDEAM deberá obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación y tendrá a su cargo el establecimiento y funcionamiento de infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad.

Corresponde a este instituto efectuar el seguimiento, de los recursos biofísicos de la nación especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

Artículo 23: Las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente.

Artículo 31: “Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones:

Inciso 1. Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente; Inciso 4. Participar con los demás organismos y entes competentes en el ámbito de su jurisdicción, en los procesos de planificación y ordenamiento territorial a fin de que el factor ambiental sea tenido en cuenta en las decisiones que se adopten; Inciso

5. Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente.

- **Inciso 6.** Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas a cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos; Artículo 64: Corresponde a los Departamentos en materia ambiental, las siguientes atribuciones especiales:

Inciso 1. Dar apoyo presupuestal, técnico, financiero y administrativo a las Corporaciones Autónomas Regionales, a los municipios y a las demás entidades territoriales que se creen en el ámbito departamental, en la ejecución de programas y proyectos y en las tareas necesarias para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

- **Inciso 2.** Ejercer, en coordinación con las demás entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y con sujeción a la distribución legal de competencias, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales renovables, con el fin de velar por el cumplimiento de los deberes del Estado y de los particulares en materia ambiental y de proteger el derecho a un ambiente sano.

Artículo 65: Corresponde en materia ambiental a los municipios, y a los distritos con régimen constitucional especial, además de las funciones que le sean delegadas por la ley o de las que se le deleguen o transfieran a los alcaldes por el Ministerio del Medio Ambiente o por las Corporaciones Autónomas Regionales, las siguientes atribuciones especiales:

- **Inciso 9.** Ejecutar obras o proyectos de descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimiento del municipio, así como programas de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos y de control a las emisiones contaminantes del aire.

- **Ley 142 de 1994;** Por la cual se reglamentan los servicios públicos domiciliarios.

Artículo 2: El Estado intervendrá en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata esta Ley, en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, para los siguientes fines:

- **Inciso 2.3.** Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
- **Inciso 2.4.** Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.

Artículo 5: Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan los concejos:

- **Inciso 5.1.** Asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio en los casos previstos en el artículo siguiente.

Artículo 8: Es competencia de la Nación:

- Inciso 8.5. Velar porque quienes prestan servicios públicos cumplan con las normas para la protección, la conservación o, cuando así se requiera, la recuperación de los recursos naturales o ambientales que sean utilizados en la generación, producción, transporte y disposición final de tales servicios.

Artículo 136: La prestación continua de un servicio de buena calidad, es la obligación principal de la empresa en el contrato de servicios públicos. El incumplimiento de la empresa en la prestación continua del servicio se denomina, para los efectos de esta Ley, falla en la prestación del servicio.

- **Ley 388 de 1997**, Por la cual se reglamenta el Ordenamiento Territorial.

Artículo 8: La función pública del ordenamiento del territorio municipal o distrital se ejerce mediante la acción urbanística de las entidades distritales y municipales, referida a las decisiones administrativas y a las actuaciones urbanísticas que les son propias, relacionadas con el ordenamiento del territorio y la intervención en los usos del suelo. Son acciones urbanísticas, entre otras:

- Inciso 4.1. Clasificar el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana.
- Inciso 4.2. Localizar y señalar las características de la infraestructura para el transporte, los servicios públicos domiciliarios, la disposición y

tratamiento de los residuos sólidos, líquidos, tóxicos y peligrosos y los equipamientos de servicios de interés público y social, tales como centros docentes y hospitalarios, aeropuertos y lugares análogos.

-Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico: Por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000.

-RAS 2000, Título F, Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Por el cual se reglamenta el sistema de aseo urbano en Colombia.

Capítulo F.1.4.2. Establece el procedimiento para la estimación de la producción per cápita de residuos sólidos.

Capítulo F.2. Establece el procedimiento para la estimación de la población a fin de determinar la capacidad real del relleno sanitario a lo largo de un periodo.

Capítulo F. 6. 2. El objetivo principal para la selección del sitio de ubicación del relleno sanitario, es que permita realizar la disposición final en forma técnica y económica. Se deben analizar los inconvenientes del sitio en función de los recursos técnicos y económicos. En la selección del sitio de ubicación también se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Minimizar los efectos del impacto ambiental. Deben preservarse las condiciones ambientales y sanitarias del medio donde se desarrolla el relleno sanitario.
- Minimizar la distancia de transporte. Es uno de los objetivos más importantes en la selección del sitio de disposición final, ya que la distancia de transporte puede afectar significativamente el diseño y la operación del sistema integrado de residuos sólidos municipales.
- Cumplir con la capacidad requerida para la vida útil del relleno sanitario. La capacidad del sitio debe ser suficientemente grande para permitir su utilización, de modo que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura.
- Tener accesibilidad al sitio. El terreno debe estar cerca de una vía principal, para que su acceso sea fácil y resulte más económico el transporte de los residuos sólidos y la construcción de las vías internas.
- Disponer de suficiente material de cobertura. Deben obtenerse datos sobre las cantidades y las características de los suelos que se van a utilizar como material de cubierta.
- Facilitar la operación de la unidad. Constituye una de las principales propiedades del sitio y se encuentra vinculada directamente a las características topográficas.
- Analizar el desarrollo del municipio. En función de los requerimientos definidos en el POT (Plan de Desarrollo Territorial) y garantizar que el sitio seleccionado cumpla estos requerimientos.

- Acreditar con un documento legal. Una vez que se cumplan los requisitos del numeral anterior, la propiedad sobre el terreno. El proyecto de relleno sanitario debe iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno tenga en su poder el documento legal que acredite su propiedad y autorice a construirlo con sus obras complementarias.

Capítulo F.6. Define los requerimientos mínimos necesarios para que el sistema de disposición final de rellenos sanitarios sea diseñado, operado y monitoreado para evitar y mitigar los impactos ambientales que son generados al utilizar este sistema.

Capítulo F.6.2. Establece las características de los sitios de ubicación de rellenos sanitarios en forma técnica y económica, que son:

- Minimizar los efectos del impacto ambiental.
- Minimizar la distancia de transporte.
- Cumplir con la capacidad requerida para la vida útil del relleno sanitario.
- Tener accesibilidad al sitio.
- Disponer de suficiente material de cobertura.
- Facilitar la operación de la unidad (vinculada a las características topográficas).
- Analizar el desarrollo del municipio en función de los requerimientos definidos en el plan de desarrollo territorial y garantizar que el sitio seleccionado cumpla estos requerimientos.
- Acreditar con un documento legal una vez se cumplan los requerimientos del numeral anterior, la propiedad sobre el terreno.

-Decreto 1713 de 2002: Por medio del cual se establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.

Artículo 11. Considera como componentes del servicio público de aseo:

Numeral 7. Disposición final

- Guía Ambiental Para Rellenos Sanitarios, Ministerio de Medio Ambiente, 2002: Documento que hace relación al manejo y disposición final controlada de residuos sólidos en el país.

- Resolución 1045 de 2003; Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.

Artículo 14: Todo prestador del servicio público de aseo debe realizar la disposición final de los residuos sólidos en rellenos sanitarios que cuenten con la autorización o licencia ambiental pertinente.

- **Resolución 3152 de 2004**; Por la cual se adoptan normas relativas al peligro aviario como obstáculo para la seguridad de la aviación, relacionada con la Unidad Administrativa Especial De La Aeronáutica Civil.

Artículo 1: Adiciona el capítulo seis a la parte sexta de los reglamentos aeronáuticos de Colombia.

Capítulo VI. Numeral 6.6 Otros obstáculos o impedimentos a la aviación: Considera como obstáculo o impedimento para la aviación toda construcción, plantación o actividad en las inmediaciones de los aeropuertos, dentro de un radio de trece (13) kilómetros a la redonda del mismo; particularmente aquellas actividades que ocasionan la presencia de aves con el consecuente riesgo de colisión contra aeronaves.

Inciso 6.6.1 Deberá contar con previa autorización de la autoridad aeronáutica sin perjuicio de licencias ambientales, de construcción y demás requisitos pertinentes, el desarrollo o construcción de instalaciones destinadas a basureros, vertederos públicos y rellenos sanitarios.

- **Decreto 838 de 2005**, Por el cual se modifica el decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, en particular para la construcción y operación de los sistemas de disposición final de residuos sólidos.

- **Resolución 1291 de 2006**, Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas para construcción y operación de rellenos sanitarios.

Artículo 1: Acoger los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA, para la construcción y operación de rellenos sanitarios, identificados con el código DA-TER-5-01, contenidos en el documento anexo a la presenta resolución, el cual hace parte integral de la misma.

- **Decreto 2820 de 2010**; Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales y deroga el Decreto 1220 de 2005 y 500 de 2006.

Artículo 9: Las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible, los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la ley 768 de 2002 otorgarán o negarán la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción: Inciso 9. La construcción y operación de rellenos sanitarios.

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE TRABAJO

El desarrollo de este trabajo se enmarca directamente en la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica como un instrumento de apoyo en el ordenamiento territorial y ambiental para el municipio de Pupiales. Para la elaboración se incluyeron y aplicaron diversos procedimientos y herramientas del desarrollo y aplicación de Sistemas de Información Geográfica SIG, Análisis Multicriterios, diseño e implementación de modelos para aplicaciones medioambientales, Sistema de Posicionamiento Global GPS, Sensores Remotos y Procesamiento Digital de Imágenes Satelitales.

En este sentido, el presente trabajo se ha hecho énfasis en aplicar algunos de los procedimientos reconocidos para la identificación de sitios potenciales a fin de abordar una necesidad planteada por el municipio como es la implementación un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, de manera que este trabajo busca conseguir fines de aplicación directos e inmediatos, los cuales se plasmarán en un mapa que muestre los sitios donde se pueda instalar un relleno sanitario que sea incluido directamente al proceso de ordenamiento territorial del municipio de Pupiales y sea un proyecto marco de la administración municipal.

Finalmente, se gestionó que este trabajo se vincule directamente en el proceso de actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pupiales.

6.2 PROCEDIMIENTO

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente trabajo fue necesario realizar las actividades que se enmarcan en las fases que se describen a continuación:

6.2.1 Recolección, revisión y selección de información secundaria

La información recolectada para el presente estudio corresponde a información secundaria de diferentes instituciones como la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, Planeación Municipal de Pupiales, Páginas institucionales como del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), entre otras.

Se revisó y seleccionó la información recolectada relacionada con los criterios establecidos en el Decreto 0838 de 2005²⁶ elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual “tiene por objeto promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria del servicio público de aseo, mediante la tecnología de relleno sanitario”.

Con el fin de aplicar los criterios de evaluación de áreas potenciales para la localización y construcción de un relleno sanitario para el municipio de Pupiales del departamento de Nariño tomados del Decreto 0838/2005, a cada criterio se establecerán puntajes para lograr elegir finalmente las áreas potenciales.

Para la consolidación de la información secundaria y procesamiento de la misma, se tuvo en cuenta algunos criterios que permitieron la identificación de áreas propicias donde se puede instalar el relleno sanitario en el municipio de Pupiales; dichos criterios y variables se definen a continuación:

Tabla 1: Variables y criterios para identificación de áreas propicias

VARIABLE	CRITERIO			
ACCESO - VIAS	A más de 500 m	ANCHO = 14	A más de 150 m	ANCHO = 7
	A más de 100 m	ANCHO > 4 y < 7	A más de 50 m	ANCHO < 5
ZONA URBANA Y EXPANSIÓN	A más de 100 m. pero a menos de 5500 m.			
ESCUELAS	A más de 500 m.			
HIDROGRAFIA SUPERFICIAL	A más de 100 m.	TIPO = QUEBRADA		
	A más de 50 m.	TIPO = DRENAJE o CANAL		
CUERPOS DE AGUA	A más de 200 m.			
SUELOS	Donde las condiciones físico - mecánicas sean BUENAS			
AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO	A más de 1000 m. de zonas con algúntipo de amenaza			
COBERTURA Y USO DE LA TIERRA	Grupo de cobertura correspondiente a HERBAZALES (USO GANADERÍA EXTENSIVA), AREAS DENUDADAS			
PENDIENTE	Pendientes entre 3 – 20%			

Fuente: esta investigación

²⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DECRETO NÚMERO 0838 (Marzo 23 de 2005). “Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, 2005

- **Capacidad.** El área donde se ubicará el relleno sanitario, debe ser suficiente para permitir que la vida útil de este sea compatible con la producción proyectada de residuos sólidos a disponer en el mismo, considerando tanto el municipio receptor como aquellos ubicados dentro de un radio de 60 kilómetros del mismo. Por lo tanto, este criterio se calificará en función de la cantidad de residuos sólidos que se puedan disponer dando 0 puntos para una capacidad igual o menor a 0.5 veces la producción de residuos totales en treinta (30) años (2016-2045), hasta 200 puntos para una capacidad igual o mayor a 1.5 veces, calificándose en forma lineal a partir de 0.5 veces la producción de residuos producidos en este lapso de tiempo, La escala de ponderación será entre 1 y 10, siendo 1 lo menos apto y 10 lo más apto, así como se muestra a continuación:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
≥ 1.5 veces	200 puntos	Alta	10
≤ 0.5 veces	0 puntos	Baja	1

- **Ocupación actual del área.** Determina las actividades que actualmente se vienen realizando con el objeto de prever posibles impactos sobre la comunidad o los recursos naturales dando un puntaje como se muestra a continuación:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Suelo Rural	80 puntos	Alta	10
Suelo Suburbano	60 puntos	Alta	10
Suelo de expansión	40 puntos	Media	5
Suelo Urbano	20 puntos	Baja	1
Otros suelos de protección	0 puntos	Baja	1

- **Accesibilidad vial.** Corresponde a la facilidad y economía que la entidad prestadora del servicio de aseo en el componente de recolección y transporte en el municipio de Pupiales, tiene para llevar los residuos sólidos al área en que se efectuará dicha disposición final, mediante la tecnología de relleno sanitario.

El criterio se divide en los siguientes subcriterios:

Condiciones de la vía principal			
ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Pavimentada	20 puntos	Alta	10
Sin pavimentar	8 puntos	Media	5

Pendiente promedio de la vía principal

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0-3%	20 puntos	Alta	10

3,1-5%	12 puntos	Alta	10
5,1-7%	8 puntos	Media	5
7,1 y mayores	0 puntos	Baja	1

Distancia de la vía de acceso

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0 a 5 km	20 puntos	Alta	10
5,1 a 10 km	12 puntos	Media	5
10,1 a 15 km	4 puntos	Baja	1
Mayor de 15 km	0 puntos	Baja	1

Pendiente promedio de la vía de acceso

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0-3%	20 puntos	Alta	10
3,1-5%	12 puntos	Alta	10
5,1-7%	8 puntos	Media	5
7,1 y mayores	0 puntos	Baja	1

Número de vías de acceso

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
2 o más vías	20 puntos	Alta	10
Una vía	8 puntos	Media	5
No hay vías	0 puntos	Baja	1

Condiciones de la vía de acceso

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Pavimentada	20 puntos	Alta	10
Afirmado	12 puntos	Media	5
Carreteable	8 puntos	Media	5
Trocha/no existe	0 puntos	Baja	1

- **Condiciones del suelo y topografía.** Determina las facilidades de construcción, operación y trabajo en el área en que se efectuará dicha disposición final, mediante la tecnología de relleno sanitario, calificadas bajo los siguientes subcriterios:

Pendiente promedio del terreno

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0,1%- 3%	40 puntos	Alta	10
3,1% -7%	30 puntos	Alta	10

7,1%- 12%	20 puntos	Media	5
12,1%- 25%	10 puntos	Baja	1
Mayor de 25%	0 puntos	Baja	1

Facilidad para el movimiento de tierras del área en que se efectuará dicha disposición final, mediante la tecnología de relleno sanitario

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Muy fácil	40 puntos	Alta	10
Fácil	32 puntos	Alta	10
Regular	20 puntos	Media	5
Difícil	12 puntos	Baja	1
Imposible	0 puntos	Baja	1

- **Distancia entre el perímetro urbano, respecto del área para la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario.** En este se asocian los costos de transporte en que incurriría la entidad prestadora del servicio público de aseo para llevar los residuos sólidos desde el perímetro urbano, incluida la zona de expansión urbana, al área en la que se efectuará la disposición final de residuos sólidos:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
2 km a 5 km	140 puntos	Alta	10
5,1 km a 10 km	100 puntos	Alta	10
10,1 km a 25 km	60 puntos	Media	5
25,1 km a 50 km	20 puntos	Baja	1
Mayores a 50 km	0 puntos	Baja	1

- **Disponibilidad de material de cobertura.** Aquí se asocia a los costos de transporte en que incurre la entidad prestadora del servicio para obtener y llevar el material de cobertura necesario para dar cumplimiento a las especificaciones técnicas y ambientales en los procesos de operación diaria y cierre y clausura del relleno sanitario, calificado bajo dos subcriterios así:

Distancia del sitio de obtención de material de cobertura hasta el área de disposición final

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0 km a 2 km	60 puntos	Alta	10
2,1 km a 4 km	40 puntos	Alta	10
4,1 km a 6 km	20 puntos	Media	5
6,1 km a 10 km	10 puntos	Baja	1
Mayor de 10 km	0 puntos	Baja	1

Calidad del material de cobertura medida por su textura

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Recebo granular	40 puntos	Alta	10
Arcilla arenosa	32 puntos	Alta	10
Limo arenoso	20 puntos	Media	5
Arcilla	16 puntos	Media	5
Limo arcilla	8 puntos	Baja	1
Limos	0 puntos	Baja	1

- **Densidad poblacional en el área.** Este criterio determina la posible afectación de la población ubicada en el área de influencia directa del área en la que se efectuará la disposición de residuos sólidos:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
0hab/ha a 2 hab/ha	40 puntos	Alta	10
2,1 hab/h a 5 hab/ha	20 puntos	Media	5
Mayor de 5 hab/ha	0 puntos	Baja	1

- **Incidencia en la congestión de tráfico en la vía principal.** Aquí se determina la incidencia que puede tener sobre el tráfico de la vía principal, el desplazamiento de los vehículos que transportarán desde el perímetro urbano hasta el del área en la que se efectuará la disposición de residuos sólidos, cuantificados así:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Ninguno	40 puntos	Alta	10
Moderada	20 puntos	Media	5
Grande	0 puntos	Baja	1

- **Distancias a cuerpos hídricos.** Aquí se establece la relación que tendrá el área en la que se efectuará la disposición final de los residuos, respecto a las fuentes hídricas permanentes y superficiales existentes en la zona, cuantificándose de la siguiente forma:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Mayor de 2.000 m	60 puntos	Alta	10
1.000 m a 2.000 m	40 puntos	Alta	10
500 m a 999 m	20 puntos	Media	5
50 m a 499 m	10 puntos	Media	5
Menor de 50 m	0 puntos	Baja	1

- **Dirección de los vientos.** Por definir

- **Geoformas del área respecto al entorno.** Hace referencia a la incidencia que puede tener sobre el paisaje y el entorno, calificándose respecto a la zona urbana, la operación de la infraestructura ubicada en el área en que se efectuará la disposición final de residuos, tal como se muestra a continuación:

ITEM	EVALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
Abanicos Aluviales	40 puntos	Alta	10
Cordillera Centro Oriental	32 puntos	Alta	10
Planicie amazónica	20 puntos	Media	5
Planicie amazónica reciente	12 puntos	Baja	1

- **Restricciones en la disponibilidad del área.** Hace referencia a la existencia de restricciones y/o prohibiciones del área en que se efectuará la disposición final de residuos sólidos, calificándose de acuerdo con el número de posibles restricciones así:

ITEM	E	VALUACIÓN	CLASE	PONDERACIÓN
No existen restricciones		60 puntos	Alta	10
Existe una restricción		40 puntos	Alta	10
Existen dos restricciones		20 puntos	Media	5
Más de dos restricciones		0 puntos	Baja	1

Prohibiciones. Son las áreas en las que queda prohibido la localización, construcción y operación de rellenos sanitarios, estas áreas son:

- **Fuentes superficiales.** Dentro de la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, como mínimo de treinta (30) metros de ancho; dentro de la faja paralela al sitio de pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, a los manantiales y aguas arriba de cualquier sitio de captación de una fuente superficial de abastecimiento hídrico para consumo humano de por lo menos quinientos (500) metros; en zonas de pantanos, humedales y áreas similares.

- **Fuentes subterráneas.** En zonas de recarga de acuíferos. Hábitats naturales críticos. Zonas donde habiten especies endémicas en peligro de extinción

- **Áreas con fallas geológicas.** A una distancia menor a sesenta (60) metros de zonas de la falla geológica.

- **Áreas Naturales Protegidas.** Áreas pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales y demás áreas de manejo especial y de ecosistemas especiales tales como humedales, páramos y manglares.

Restricciones: Corresponde a las áreas donde si bien se pueden localizar, construir y operar rellenos sanitarios, se debe cumplir con ciertas especificaciones y requisitos particulares, sin los cuales no es posible su ubicación, construcción y operación:

- **Distancia al perímetro urbano.** Dentro de los mil (1.000) metros de distancia horizontal, con respecto al límite del área urbana o suburbana, incluyendo zonas de expansión y crecimiento urbanístico, distancia que puede ser modificada según los resultados de los estudios ambientales específicos.

- **Proximidad a aeropuertos.** Se deberá cumplir con la normatividad expedida sobre la materia por la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil o la entidad que haga sus veces.

- **Fuentes subterráneas.** La infraestructura instalada, deberá estar ubicada a una altura mínima de cinco (5) metros por encima del nivel freático.

- **Áreas inestables.** Se deberá procurar que las áreas para disposición final de residuos sólidos, no se ubiquen en zonas que puedan generar asentamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura allí instalada, como estratos de suelos altamente compresibles, sitios susceptibles de deslizamientos y aquellos donde se pueda generar procesos de carsismo.

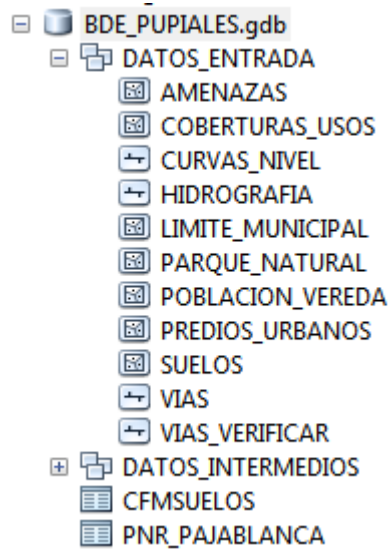
- **Zonas de riesgo sísmico alto.** En la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, se deberá tener en cuenta el nivel de amenaza sísmica del sitio donde se ubicará el relleno sanitario, así como la vulnerabilidad del mismo.

En el evento en que por las condiciones geotécnicas, geomorfológicas e hidrológicas de la región, se deba ubicar infraestructura para la disposición final de residuos sólidos en áreas donde existen restricciones, se garantizará la seguridad y estabilidad de la infraestructura en la adopción de las respectivas medidas de control, mitigación y compensación que exija la autoridad ambiental competente.

5.2.2 Estructuración de Base de Datos y diseño del modelo

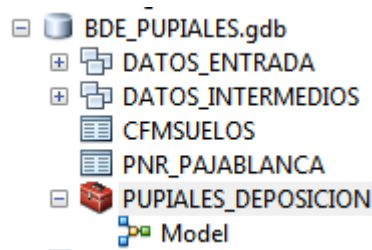
La estructuración de la base de datos para el desarrollo del presente estudio, fue realizada mediante la utilización del software ArcCatalog de ESRI, la cartografía fue tomada del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Pupiales del año 2012, la cual cuenta con la siguiente información:

Figura 1. Estructura de la base de datos



Fuente: esta investigación

Figura 2. Creación del Toolbox y del Modelo



Fuente: esta investigación

Para el diseño del modelo se ha tenido en cuenta el Decreto 838, el cual contiene una metodología en la cual se establecen puntajes según el cumplimiento de una serie de condiciones que ya se mencionaron en el anterior numeral. Por cada condición se obtuvo un mapa donde cada píxel representa la puntuación en ese sitio. Al final se sumaron todos los mapas para obtener la puntuación final. Para ello se utilizó la extensión Spatial Analyst de ArcGIS, que cuenta con una herramienta llamada “Weighted Overlay” (superposición ponderada). Con esta herramienta se logró superponer las múltiples capas de información y asignar la ponderación de cada capa de datos en el resultado final.

6.2.3 Procesamiento de información poblacional del municipio de Pupiales

Para el procesamiento de la información de población se eligió la proyección de la población del DANE, con base en el último censo realizado en Colombia en 2005²⁷. Para cuantificar la cantidad de residuos sólidos producidos para el período de 30 años (2016-2045), se utilizó el parámetro de producción per cápita y las proyecciones de población de acuerdo con los métodos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.

- Proyección DANE

Para realizar la proyección de la población urbana del municipio de Pupiales, se utilizó la información censal de cabecera elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, concerniente a los años 1985, 1993 y 2005 con la proyección a 2020.

Después de realizar las consultas poblacionales pertinentes, se hizo necesario estimar para cada periodo censal el porcentaje de población urbana y rural basada en la población total del municipio y de esta manera determinar en porcentaje el incremento de población urbana, para poder establecer una tendencia del movimiento social que permita calcular la población que podría estimarse en los próximos años hasta 2045 que sería el año donde el relleno sanitario culminaría su vida útil, según lo sugiere la RAS 2000.

Tabla 2. Proyección poblacional año 2045

Año	Pob. Cabecera	Año	Pob. Cabecera	Año	Pob. Cabecera
2016	6.039	2026	6.751	2036	7.471
2017	6.105	2027	6.823	2037	7.543
2018	6.169	2028	6.895	2038	7.614
2019	6.232	2029	6.967	2039	7.686
2020	6.294	2030	7.039	2040	7.758
2021	6.392	2031	7.111	2041	7.830
2022	6.464	2032	7.183	2042	7.902
2023	6.536	2033	7.255	2043	7.974
2024	6.608	2034	7.327	2044	8.046
2025	6.679	2035	7.399	2045	8.118

Fuente: esta investigación

²⁷ COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Censo 2005.

Con la información ya procesada con respecto a la población se procedió a calcular el área requerida para el relleno sanitario. La información necesaria para la determinación del área requerida para la construcción y operación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, se obtuvo de las siguientes fuentes:

Tabla 3. Valores de parámetros

PARAMETRO	VALOR DEL PARAMETRO	FUENTE
Producción Per Cápita	0.60 Kg/Hab-día	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Pupiales del año 2015.
Cobertura del servicio de aseo	95% Pupiales	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del municipio de Pupiales del año 2015.
Densidad de la basura en el vehículo compactador	600 Kg/M3.	Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios” segunda edición, de Héctor collazos, 2005 ²⁸
Densidad de la basura en el relleno sanitario después de dos meses.	700 Kg/M3.	
Densidad de la basura en el relleno sanitario después de un año.	600 Kg/M3.	
Incremento promedio teórico en la producción de residuos.	Fluctúa entre 0.5 - 1%; siendo un valor intermedio del intervalo 0,7%.	
La tasa de crecimiento poblacional	2.5%	Promedio nacional elaborado por el DANE en el año 2005
Proyección poblacional a 30 años	Promedio de métodos aplicados y proyecciones DANE.	DANE
Factor de incremento en material de cobertura.	Fluctúa entre 20% al 30%; siendo el 25% un valor intermedio cuyo factor es 1,25.	Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios” segunda edición, de Héctor collazos, 2005
Factor de incremento en infraestructura.	20% cuyo factor es 1.2	RAS 2000 ²⁹

Fuente: esta investigación

Para determinar el área requerida para el relleno sanitario que se diseñará a treinta (30) años para el municipio de Pupiales, se partió inicialmente de la proyección poblacional efectuada, con cuyos valores se determinó la población a

²⁸ COLLAZOS P., Héctor. Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios. ed. 2. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. Mayo de 2005. p. 1 – 34, 43 - 64.

²⁹ REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS - 2000

servir; posteriormente se procedió a calcular la cantidad y volumen de residuos a producirse, con lo cual se determinó el volumen del relleno sanitario y finalmente el área del mismo; en este sentido, para la construcción y operación de un nuevo relleno sanitario regional, se necesitarán 5,1 hectáreas, teniendo en cuenta que la altura de las celdas para efectos de este trabajo es de 1.5 metros, además es importante mencionar que este último valor puede variar drásticamente, debido a que para su determinación se requiere de la realización de estudios hidrogeológicos que permitan definir la altura del nivel freático.

- Metodología para la determinación del área requerida por el relleno sanitario

Para construir y operar un relleno sanitario es importante determinar algunos parámetros de diseño, que permiten planear con mayor precisión la infraestructura del mismo; en este sentido, en el diseño de ésta obra de saneamiento básico se deben emplear las siguientes fórmulas matemáticas necesarias para efectuar los cálculos referentes a los parámetros de diseño del relleno sanitario.

En este sentido a fin de identificar cuál es el área que se requiere para la construcción del relleno sanitario, es necesario implementar las siguientes fórmulas:

1. Población servida = población proyectada * cobertura del servicio
2. $P_{pCincrementada} = P_{pCactual} + \text{incremento en la producción de residuos}$
3. Cantidad de desechos diarios = Población servida * $P_{pCincrementada}$
4. Cantidad de desechos anual = $\frac{\text{Cantidad de desechos diarios} * 365}{1000}$
5. Volumen de desechos sólidos compactados anual = $\frac{\text{Cantidad de desechos anual}}{\text{Densidad de la basura compactada}}$
6. Volumen de desechos sólidos estabilizados anual = $\frac{\text{Cantidad de desechos anual}}{\text{Densidad de la basura estabilizada}}$
7. Volumen del relleno = volumen anual de residuos * factor de material de cobertura
8. Área del relleno sanitario sin infraestructura = $\frac{\text{Volumen acumulado del relleno}}{\text{Altura de la celda}}$

Área del relleno con infraestructura = Área del relleno sin infraestructura * factor de infraestructura

Tabla 4. Área requerida para el relleno sanitario

Población Servida	PPc incrementada	Cantidad de desechos diarios	Cantidad de desechos anuales	Volumen de desechos sólidos compactados anual	Volumen desechos sólidos estabilizados anual	Volumen del relleno	Área del relleno sin infraestructura	Área del relleno con infraestructura m2
57371	1.79	102693.2	37483.02	62.5	53.5	46853.8	31235.84681	37483.0
57998	1.79	103815.5	37892.67	63.2	54.1	47365.8	31577.22219	37892.7
58606	1.79	104903.8	38289.9	63.8	54.7	47862.4	31908.25285	38289.9
59204	1.79	105975.2	38680.93	64.5	55.3	48351.2	32234.11117	38680.9
59793	1.79	107029.5	39065.76	65.1	55.8	48832.2	32554.79713	39065.8
60722	1.79	108692.1	39672.63	66.1	56.7	49590.8	33060.52405	39672.6
61405	1.79	109915.2	40119.04	66.9	57.3	50148.8	33432.53041	40119.0
62088	1.79	111138.2	40565.44	67.6	58.0	50706.8	33804.53677	40565.4
62772	1.79	112361.2	41011.85	68.4	58.6	51264.8	34176.54314	41011.9
63455	1.79	113584.3	41458.26	69.1	59.2	51822.8	34548.5495	41458.3
64138	1.79	114807.3	41904.67	69.8	59.9	52380.8	34920.55586	41904.7
64821	1.79	116030.3	42351.07	70.6	60.5	52938.8	35292.56222	42351.1
65505	1.79	117253.4	42797.48	71.3	61.1	53496.9	35664.56858	42797.5
66188	1.79	118476.4	43243.89	72.1	61.8	54054.9	36036.57494	43243.9
66871	1.79	119699.4	43690.3	72.8	62.4	54612.9	36408.5813	43690.3
67554	1.79	120922.5	44136.71	73.6	63.1	55170.9	36780.58766	44136.7
68238	1.79	122145.5	44583.11	74.3	63.7	55728.9	37152.59402	44583.1
68921	1.79	123368.5	45029.52	75.0	64.3	56286.9	37524.60038	45029.5
69604	1.79	124591.6	45475.93	75.8	65.0	56844.9	37896.60674	45475.9
70287	1.79	125814.6	45922.34	76.5	65.6	57402.9	38268.6131	45922.3
70971	1.79	127037.7	46368.74	77.3	66.2	57960.9	38640.61946	46368.7
71654	1.79	128260.7	46815.15	78.0	66.9	58518.9	39012.62582	46815.2
72337	1.79	129483.7	47261.56	78.8	67.5	59076.9	39384.63218	47261.6
73021	1.79	130706.8	47707.97	79.5	68.2	59635.0	39756.63855	47708.0
73704	1.79	131929.8	48154.37	80.3	68.8	60193.0	40128.64491	48154.4
74387	1.79	133152.8	48600.78	81.0	69.4	60751.0	40500.65127	48600.8
75070	1.79	134375.9	49047.19	81.7	70.1	61309.0	40872.65763	49047.2
75754	1.79	135598.9	49493.6	82.5	70.7	61867.0	41244.66399	49493.6
76437	1.79	136821.9	49940	83.2	71.3	62425.0	41616.67035	49940.0
77120	1.79	138045.0	50386.41	84.0	72.0	62983.0	41988.67671	50386.4

Fuente: esta investigación

Después de realizar el procedimiento para calcular el área requerida a fin de imprimir un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, se logró definir un total de 50.386 m² que equivalen a 5 hectáreas.

6.2.4 Aplicación de operaciones espaciales

Se realizó la edición de los diferentes temas sustrayendo a cada uno de ellos, los polígonos resultantes (generación de buffers) elaborados previamente de acuerdo a los valores establecidos en cada criterio.

Criterios prioritarios. Esta categoría relaciona los criterios de mayor relevancia, debido a que con ellas se garantiza el funcionamiento del relleno y se evitan conflictos importantes que pueden truncar la operación del mismo; por ello, se decidió agrupar las siguientes variables:

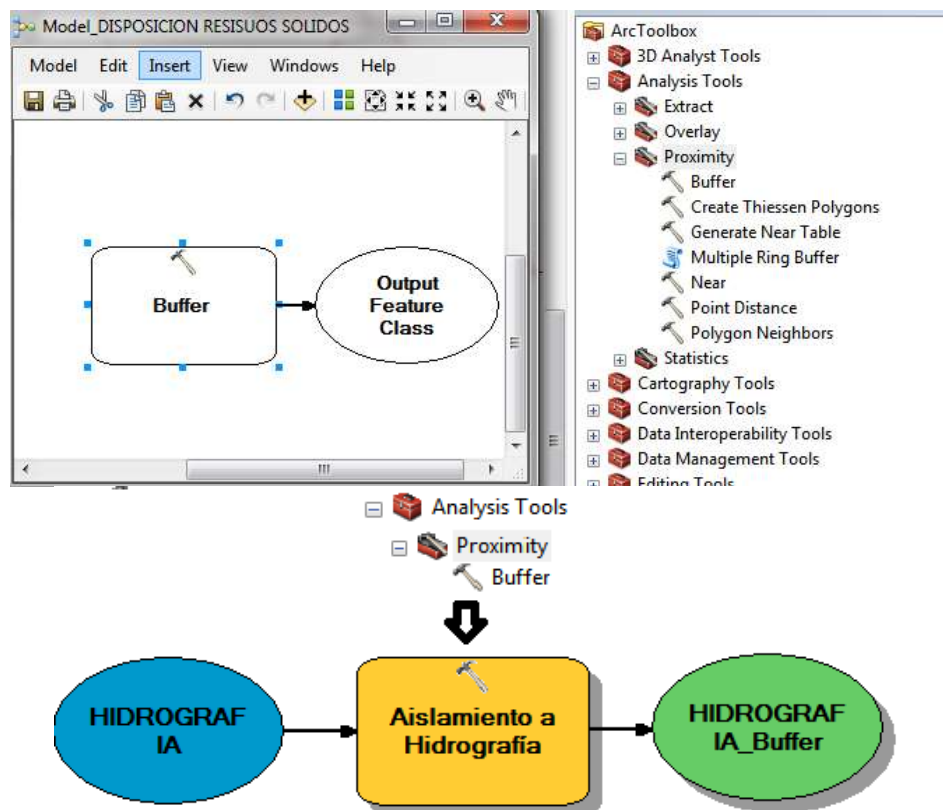
- **La Capacidad**, hace parte de esta categoría debido a que permite dimensionar el área requerida por el relleno sanitario, el cual corresponde a 5.1 Ha. Es importante mencionar que esta variable debe ser evaluada en cada sitio potencial identificado puesto que se trata de una variable intrínseca de cada lugar que no puede ser evaluada de manera arbitraria, dadas las implicaciones de tenencia de la tierra y posibilidad de adquisición de predios.
- **La Accesibilidad vial**, es importante porque con ella se determina las condiciones de acceso desde el área a servir hasta el sitio de disposición final de residuos, incidiendo de manera directa en la economía del servicio.
- **La distancia del relleno al perímetro urbano**, es importante debido a que mediante esta variable se puede regular con la distancia de cierto modo, la incidencia de los impactos ambientales generados durante la operación de un relleno sanitario y así mismo, permite determinar los costos de transporte de los residuos desde los sitios de generación hasta el sitio de disposición final.
- **La disponibilidad de material de cobertura**, se consideró relevante debido a que para la correcta operación y funcionamiento de un relleno sanitario se debe contar con un sitio para la obtención del material de cobertura de calidad, que se necesita de manera diaria para controlar la proliferación de vectores que pueden afectar a las comunidades aledañas y así mismo garantizar la economía del servicio representado en el transporte del mismo.
- **Densidad poblacional**, para efectos de este trabajo, la densidad poblacional rural se destacó debido a que con ella se determina el grado de afectación a la comunidad aledaña al sitio de disposición final de residuos sólidos, facilitando por consiguiente los procesos de consulta previa y/o concertación.
- **Distancia a cuerpos hídricos**, su relevancia está representada en la existencia de reglamentaciones que faculta a las autoridades ambientales para realizar seguimiento y control y que por su incumplimiento podrían causar la clausura o cierre temporal de un sitio de disposición final de residuos debido a filtraciones de lixiviados que pueden contaminar fuentes superficiales y subsuperficiales de agua o, por afectaciones a la infraestructura y contaminación masiva del relleno a causa de crecientes súbitas de las fuentes de agua.
- **Condición vía de acceso.** Muestra las condiciones de vía, pavimentada, sin pavimentar, carretable o trocha.

- Condición de la vía principal. Muestra las condiciones de la vía, pavimentada o sin pavimentar.
- Distancia a la vía de acceso. Comprende un radio de 5 Km desde la vía de acceso.
- Distancia a la vía de acceso. Comprende un radio de 5 Km desde la vía de acceso.
- Distancia a la vía de acceso. Comprende un radio de 15 Km desde la vía de acceso.
- Pendiente de la vía principal. Nos muestra la pendiente promedio comprendida desde 0 – 3, 3,1 – 5, 5,1 – 7 y > 7 %.
- Pendiente de la vía de acceso. Nos muestra la pendiente promedio comprendida desde 0 – 3, 3,1 – 5, 5,1 – 7 y > 7 %.

- **Distancia al perímetro urbano.** Muestra la distancia comprendida desde el perímetro urbano a 5000, 10000, 25000, 50000 hasta 100000 m.

A continuación se muestra el procedimiento para crear el área de aislamiento (BUFFER) de la capa de drenajes del municipio de Pupiales.

Figura 3. Generación de Buffer



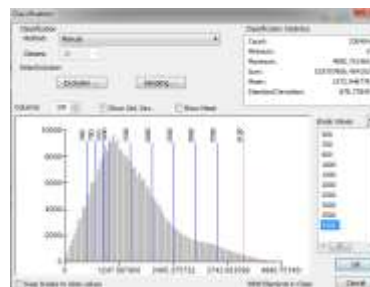
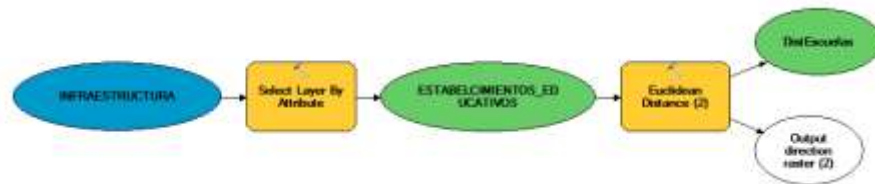
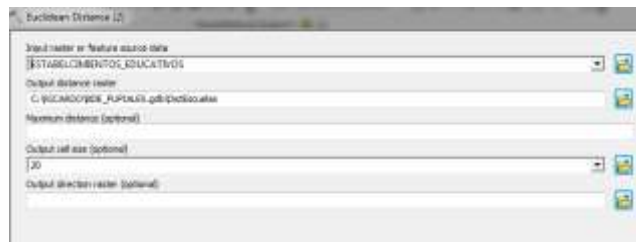
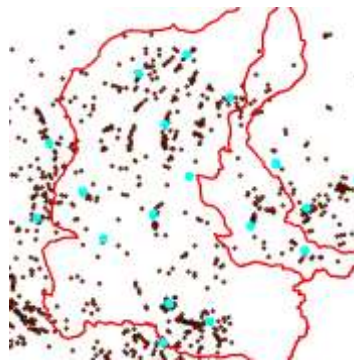


Fuente: esta investigación

A continuación se muestra el procedimiento para realizar una selección por atributos de los Establecimientos Educativos de la Capa Infraestructura del municipio de Pupiales, generando un área de aislamiento de 500 metros como lo establece el Decreto 0838 (Marzo 23 de 2005).

Figura 4. Selección por atributos

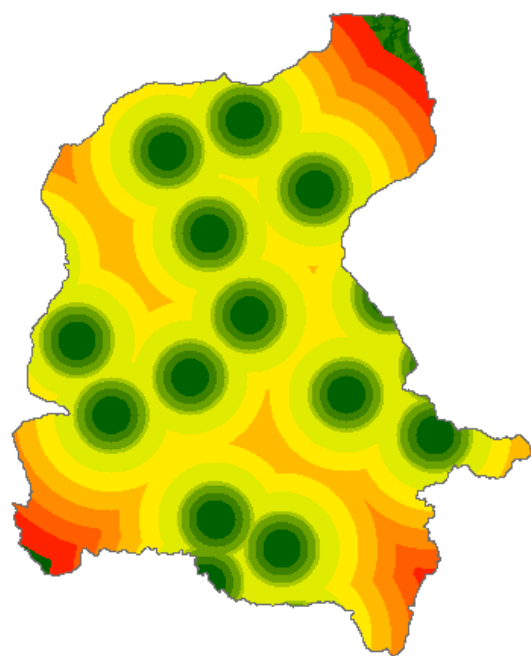
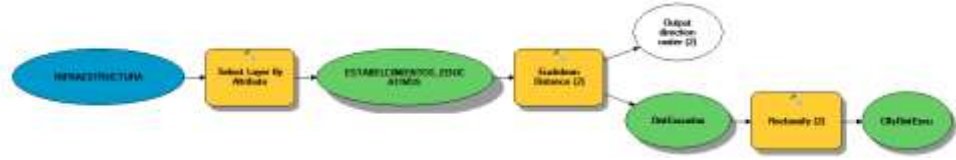




Old values	New values
0 - 500	1
500 - 700	2
700 - 900	3
900 - 1000	4
1000 - 1500	5
1500 - 2000	6
2000 - 2500	7
2500 - 3000	8
3000 - 3500	9
3500 - 4100	10
NoData	NoData

Fuente: esta investigación

Figura 5. Modelo para generar Buffer



Fuente: esta investigación

Criterios secundarios. Esta categoría abarca los criterios que complementan la categoría anterior, permitiendo evitar impactos sobre el paisaje y garantizar el funcionamiento adecuado del relleno en condiciones normales; por ello, se decidió agrupar las siguientes variables:

Ocupación actual del área, permite minimizar impactos ambientales sobre la población y de igual forma orienta la construcción del relleno en áreas cuyos usos del suelo estén permitidos previo cumplimiento de otras reglamentaciones.

Geoformas del área respecto al entorno, esta variable permite determinar la incidencia del relleno sobre el paisaje y el entorno.

Condiciones del suelo y topografía, se consideraron como criterios de segundo orden puesto que hacen relación a la facilidad de construcción, operación y trabajo del sitio de disposición final de residuos que podría repercutir en la economía del

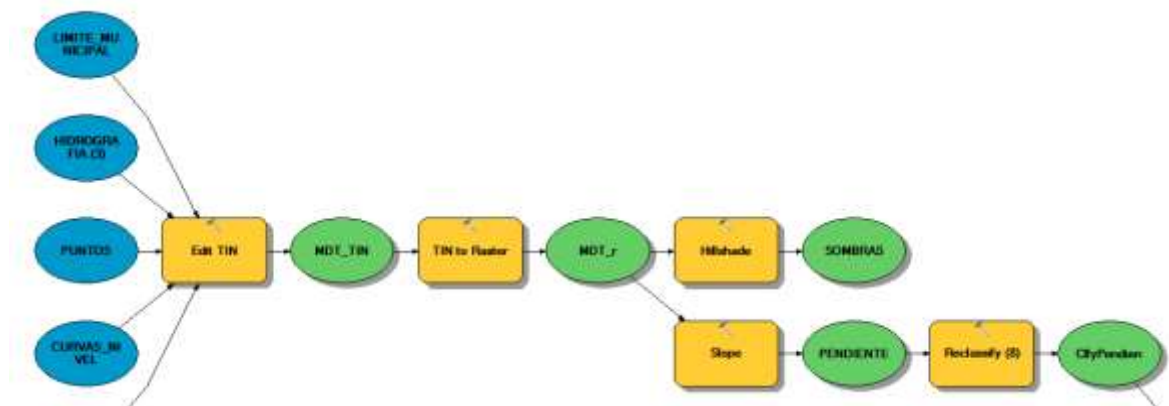
servicio. Los criterios secundarios se plantearon en los mapas de la siguiente manera:

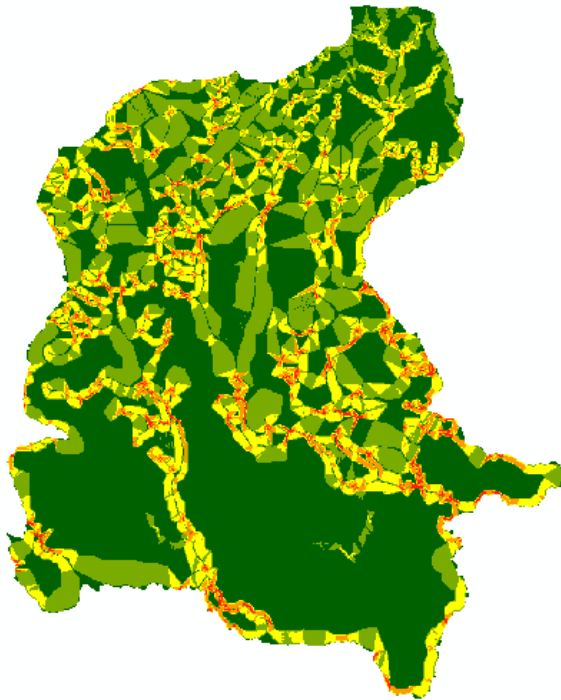
- Pendiente promedio del terreno. Nos muestra la pendiente promedio comprendida desde 0 – 3, 3,1 – 5, 5,1 – 7 y > 7 %.
- Movimiento de tierras. Hace referencia a la facilidad del movimiento de tierras.
- Ocupación actual del área. Muestra cómo se encuentra el municipio.
- Geoformas. Nos muestra el tipo de relieve del municipio.

Al efectuarse la sumatoria del conjunto de variables agrupadas en los criterios secundarios se obtuvo como resultado el mapa preliminar de áreas aptas.

El mapa reclasificado que se obtuvo de la sumatoria de los criterios prioritarios, se denominó, áreas aptas. A continuación se muestra el modelo para obtener el mapa de pendientes del municipio de Pupiales, donde las áreas con tonalidad clara (amarilla) corresponden a zonas con mayor grado de inclinación, mientras que las zonas de color verde se asumen como plano onduladas o planas, con un porcentaje bajo de inclinación de la pendiente.

Figura 6. Modelo para crear sombras y pendientes





Fuente: esta investigación

Criterios complementarios. A esta categoría pertenecen los criterios cuyas variables no repercuten de manera directa en el ambiente y en la operación del relleno sanitario regional, puesto que con la adecuada planeación pueden ser corregidos en caso de presentarse alguna inconsistencia; por ello, se decidió agrupar las siguientes variables.

Incidencia en la congestión del tráfico, permite establecer el grado de afectación por parte de los vehículos recolectores en la movilidad vial del área servida.

Restricciones en el área, hace relación a la cantidad de restricciones reglamentadas por la normatividad (EOT y PBOT).

Luego de haber efectuado la suma de los criterios prioritarios, secundarios y complementarios, se procedió a realizar la sumatoria de los tres mapas reclasificados obtenidos en estas operaciones, de manera que se obtuvo un nuevo mapa preliminar para sitios potenciales.

El mapa reclasificado que se obtuvo de la sumatoria de los criterios prioritarios, secundarios y complementarios se denominó, sitios potenciales.

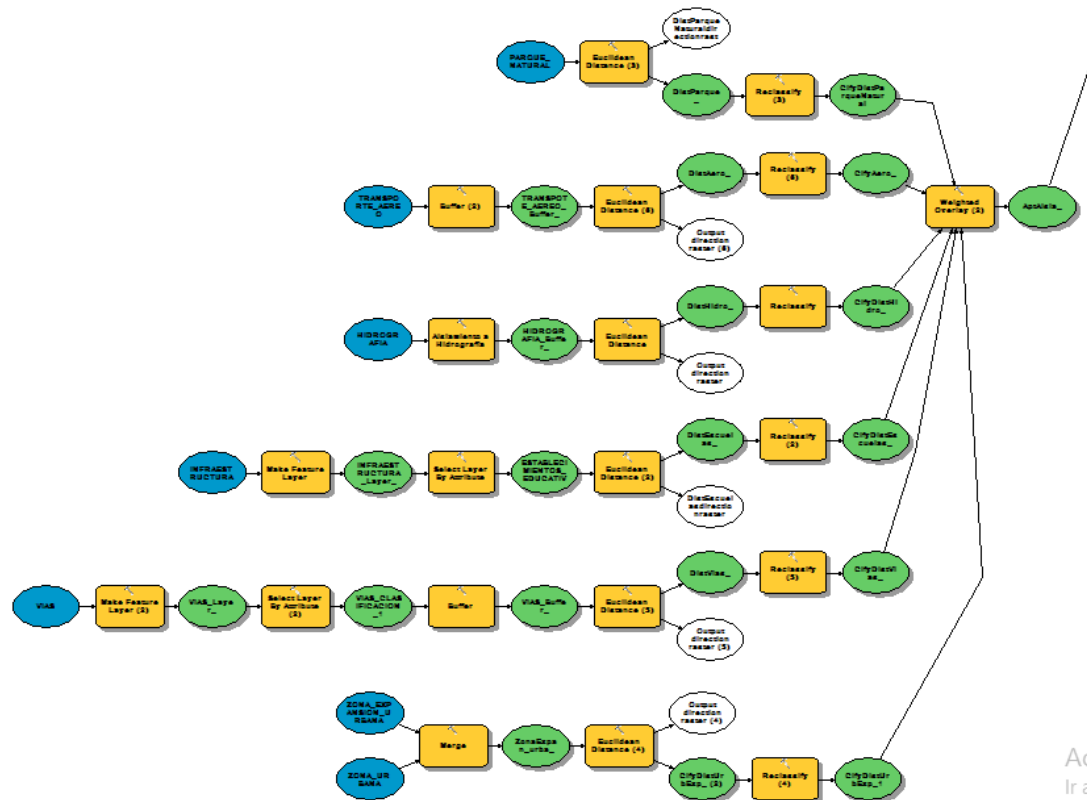
7. RESULTADOS

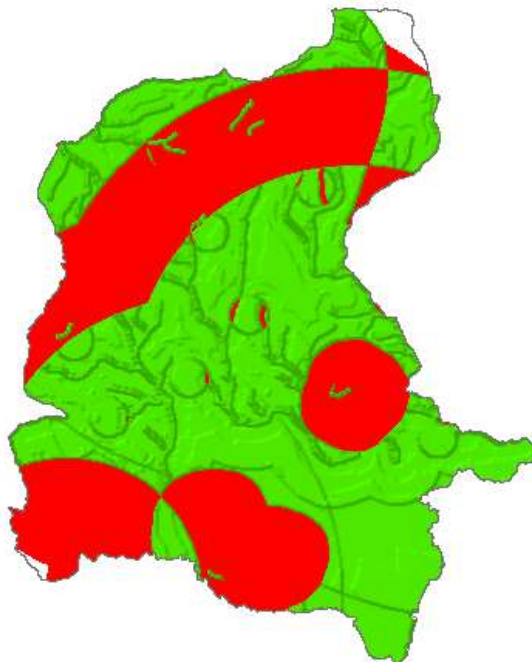
7.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Después de haber realizado la definición de los criterios a tener en cuenta dentro del proceso de selección de sitios potenciales donde se pueda construir un Relleno Sanitario, tal como se planteó como uno de los objetivos de esta investigación y que se describen el capítulo donde se aborda la estructura metodológica, se logró obtener el mapa de aptitud biofísica y el de áreas de aislamiento.

En la Figura 7 se muestra el modelo para obtener el mapa de áreas de aislamiento, donde las áreas que corresponden al color rojo contienen un grado de restricción para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales, mientras que las zonas de color verde se consideran aptas hasta que se realice el análisis con el mapa de aptitud biofísica.

Figura 7. Mapa de áreas de aislamiento

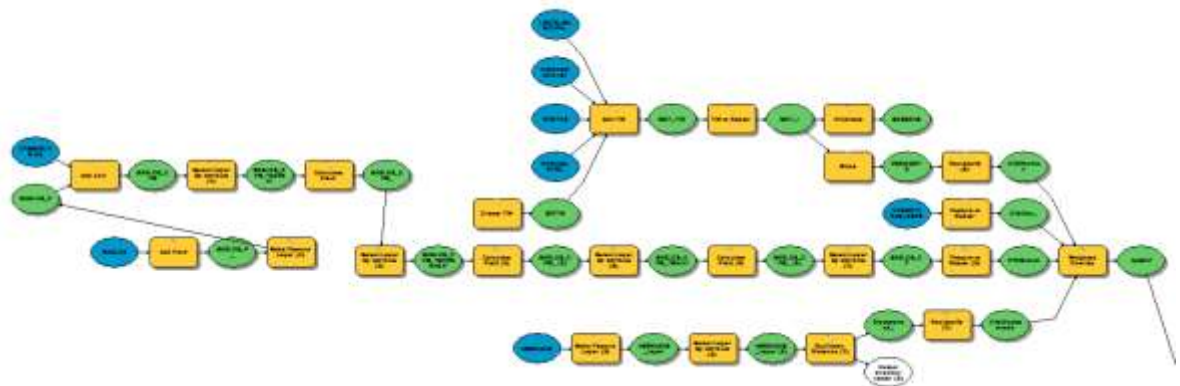




Fuente: esta investigación

En la figura 8 se muestra el modelo diseñado para la obtención del mapa de aptitud biofísica, con el respectivo resultado, donde el color verde resulta como zonas con un potencial alto para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales, mientras que el resto, las zonas de color rojo corresponden a zonas con un bajo potencial, sin embargo no se descartan en su totalidad hasta realizar el análisis con el mapa de zonas de aislamiento.

Figura 8. Mapa de aptitud biofísica

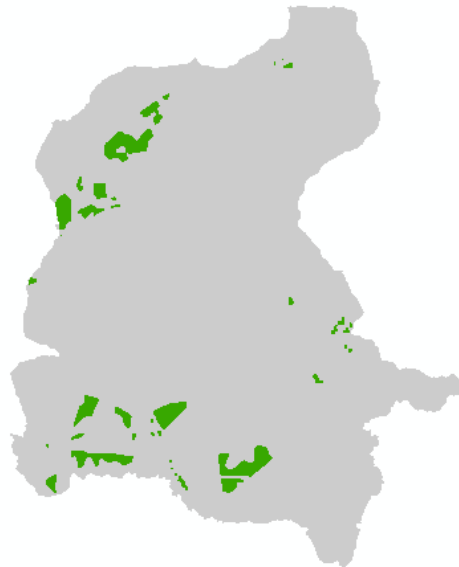




Fuente: esta investigación

Después de realizar el cruce de los dos mapas de aptitud biofísica y áreas de aislamiento, se obtiene una salida tipo ráster, señalando las áreas posibles para realizar el relleno sanitario, de tal manera que en el mapa inicial de zonas aptas (ver figura 9) que se muestra a continuación, el color verde corresponde a los sitios posibles para dicha actividad.

Figura 9. Mapa de zonas aptas



Fuente: esta investigación

Después de obtener el mapa de zonas aptas para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales, se realizó una limpieza (filtro) de los límites, que permite tener zonas homogéneas, convertir a formato shapefile y extraer las áreas que ocupen un mínimo de 5 ha, para realizar el cruce con la capa de predios del municipio y finalmente con el de las veredas, a fin de obtener datos precisos si de realizar la adquisición de estos predios se trata.

De esta manera se dan a conocer las salidas tipo ráster obtenidas de todo el proceso de identificación de los sitios potenciales para implementar un relleno sanitario. La figura 10 muestra el mapa de sitios potenciales que superan el umbral mínimo identificado, dando como resultado un total de 13 sitios (color verde) donde se puede implementar la obra.

Figura 10, Mapa de sitios potenciales mayores a 5 has



Fuente: esta investigación

A continuación, en la figura 11 se muestra el mapa de predios aptos (color verde) para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales, mostrando un total de 26 predios; la información corresponde a la carta predial del IGAC para el año 2013.

Figura 11. Predios aptos para la implementación del relleno sanitario



Fuente: esta investigación

7.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la búsqueda de los sitios potenciales donde se podría implementar un relleno sanitario para el municipio de Pupiales, después de haber diseñado el modelo que permite lograr tal fin y a partir del cruce de los dos mapas mencionados anteriormente (áreas de aislamiento y aptitud biofísica) se logró identificar un total de 13 sitios mayores a 5 ha donde se puede realizar dicha obra, estos sitios están distribuidos en 26 predios rurales distribuidos en 8 veredas del municipio.

Las veredas donde se puede implementar el relleno sanitario para el municipio de Pupiales, corresponden a Casafría, Chires Sur, Ejido San Antonio, Espino Sur, La Concordia, Pusialquer, Tepud y Tres Equinas.

El área total que corresponde a zonas aptas para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales corresponde a 177, 5 ha, siendo las veredas Casafría, Pusialquer y Tepud las que abarcan mayor número de hectáreas disponibles para realizar dicha obra, sin embargo, las veredas Ejido San Antonio, Espino Sur y Tres Equinas también pueden considerarse como aptas puesto que superan el umbral mínimo de las 5 has que arrojó la proyección a 30 años de vida útil del relleno sanitario.

La vereda que más predios disponibles superiores a 5 ha que se consideran disponibles para la implementación del relleno sanitario en el municipio de Pupiales es Casafría con un total de 6 predios que suman 48,8 ha, seguida de la vereda Pusialquer que cuenta con 5 ha que suman 46,6 ha. Por otro lado las veredas que menos predios cuentan son Chires Sur con un total de 2 predios que suman 28,6 ha, seguida de Tepud con 4 predios que suman 24,1 ha, Tres Esquinas con 4 predios y 14,1 ha, Ejido San Antonio con 7,7 ha y Espino Sur con 5,8 ha de terreno disponible para implementar el relleno sanitario.

Tabla 5. Listado de predios aptos

Vereda	Código Identificación Terreno Predio	Área m2	Área Ha
Casafría	52585000000100000	55489.8	5.5
	52585000000100000	97383.3	9.7
	52585000000100100	74485.9	7.4
	52585000000100000	75988.4	7.6
	52585000000100100	101952.3	10.2
	52585000000100100	83000.5	8.3
Chires Sur	52585000000050400	119758.9	12.0
	52585000000050200	166577.1	16.7
Ejido San Antonio	52585000000050200	65700.9	6.6
	52585000000050200	6497.2	0.6
	52585000000020400	4479.4	0.4
Espino Sur	52585000000063000	58402.7	5.8
La Concordia	52585000000030000	16892.9	1.7
Pusialquer	52585000000070000	85990.8	8.6
	52585000000070000	67585.2	6.8

	52585000000070000	88269.7	8.8
	52585000000070000	165534.9	16.6
	52585000000070000	58978.0	5.9
Tepud	52585000000230000	62726.2	6.3
	52585000000230000	85116.9	8.5
	52585000000230000	78520.2	7.9
	52585000000230000	14433.7	1.4
Tres Esquinas	52585000000050200	2629.9	0.3
	52585000000020400	68696.9	6.9
	52585000000020400	65264.2	6.5
	52585000000020400	4742.3	0.5
	Total:	1775098.2	177.5

Fuente: esta investigación

8. CONCLUSIONES

- La implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, sin lugar a dudas provoca en el medio ambiente un impacto importante sobre el territorio y la comunidad de acuerdo a la instalación y el medio donde se localice. Razón por la cual es indispensable que se definan aquellos factores ambientales más importantes, y se valore la idoneidad del terreno en función del impacto que puede provocar la construcción.
- A fin de evitar que ninguno de los sitios potenciales donde se puede implementar un relleno sanitario para el municipio de Pupiales se localice próximo a los lugares de residencia de la población, zonas naturales protegidas o ecosistemas estratégicos, infraestructuras más relevantes existentes en el territorio, entre otras; se consiguió recopilar una importante cantidad de información sobre las restricciones más frecuentes de la actual “avalancha urbanística”, para el presente estudio se encuentran: Aguas superficiales e infraestructura relacionada, áreas húmedas y/o lagos, fallas geológicas, perímetro urbano y suelo de expansión, aeropuertos, entre otros.
- Después de la elaboración del modelo que permite identificar sitios potenciales donde se puede implementar un relleno sanitario para el municipio de Pupiales, se logró identificar que existen 177 hectáreas disponibles para dicha obra. Estas hectáreas están distribuidas en ocho veredas del municipio.
- La cartografía base con la cual se trabajó corresponde a una escala 1:25.000 contenida en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Pupiales, la cual refleja elementos como infraestructura vial, centros poblados, hidrografía, delimitación político administrativa, entre otros. De manera que la información resultante de esta investigación se constituyen en un insumo importante para la reglamentación de los usos de la tierra orientados a la toma de decisiones en el municipio en aspectos como el ordenamiento territorial y ambiental de tal manera que se busque un desarrollo sostenible del territorio municipal.

8. RECOMENDACIONES

- Para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales se considera necesario realizar un análisis jurídico de los predios identificados como posibles para destinar a este uso, analizar el derecho y servidumbres del sitio o los sitios seleccionados, el análisis debe comprender la descripción del bien, cabida y linderos, identificación del propietarios, la tradición del bien, identificación de gravámenes y limitaciones al dominio y concepto y diagnóstico.
- En el marco de la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales, se debe realizar un estudio y pruebas de campo al predio o predios seleccionados, con el fin de constatar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para la construcción de dicha obra. Dentro de estos estudios mínimos se considera: 1). Un estudio topográfico, con el fin de conocer la morfología del terreno para poder seleccionar el método a utilizar en la construcción y operación del relleno sanitario, así como también la capacidad de área y volumen del sitio. Las curvas de nivel entre una y otra llevaran un rango de 1m. 2). Un estudio de suelos, con el fin de determinar las características de los materiales que conformaran la cimentación y las capas de cubierta que posee el terreno, las pruebas que se requerirían son las de permeabilidad y la de penetración estándar.
- Al momento de la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales se debe adelantar y presentar el trámite y procedimiento requerido ante la autoridad ambiental CORPONARIÑO, en cuanto a acciones de orden legal para la obtención de licencias y permisos ambientales para la operación del mismo. Además de realizar un estudio de impacto ambiental, sistemas de manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- Es necesario que se realice la gestión para la inclusión de este proyecto dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial, a fin de que Planeación Municipal restrinja la localización de nuevos proyectos urbanísticos o recreacionales en las áreas potenciales identificadas, el cual será de uso exclusivo para la disposición final de los residuos sólidos.
- Después de la construcción del modelo que permite identificar sitios potenciales donde se puede implementar un relleno sanitario, se considera que será útil y puede ser replicado en otros municipios, involucrando nuevas variables que permitirán enriquecer cada vez más los resultados obtenidos. Aunque este tema de estudio es de carácter técnico, resulta enmarcado en un ámbito político muy importante y que los dirigentes que

están encargados de tomar decisiones territoriales, conozcan y tomen conciencia de la importancia de los Sistemas de Información Geográfica dentro de la planificación y ordenación ambiental del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

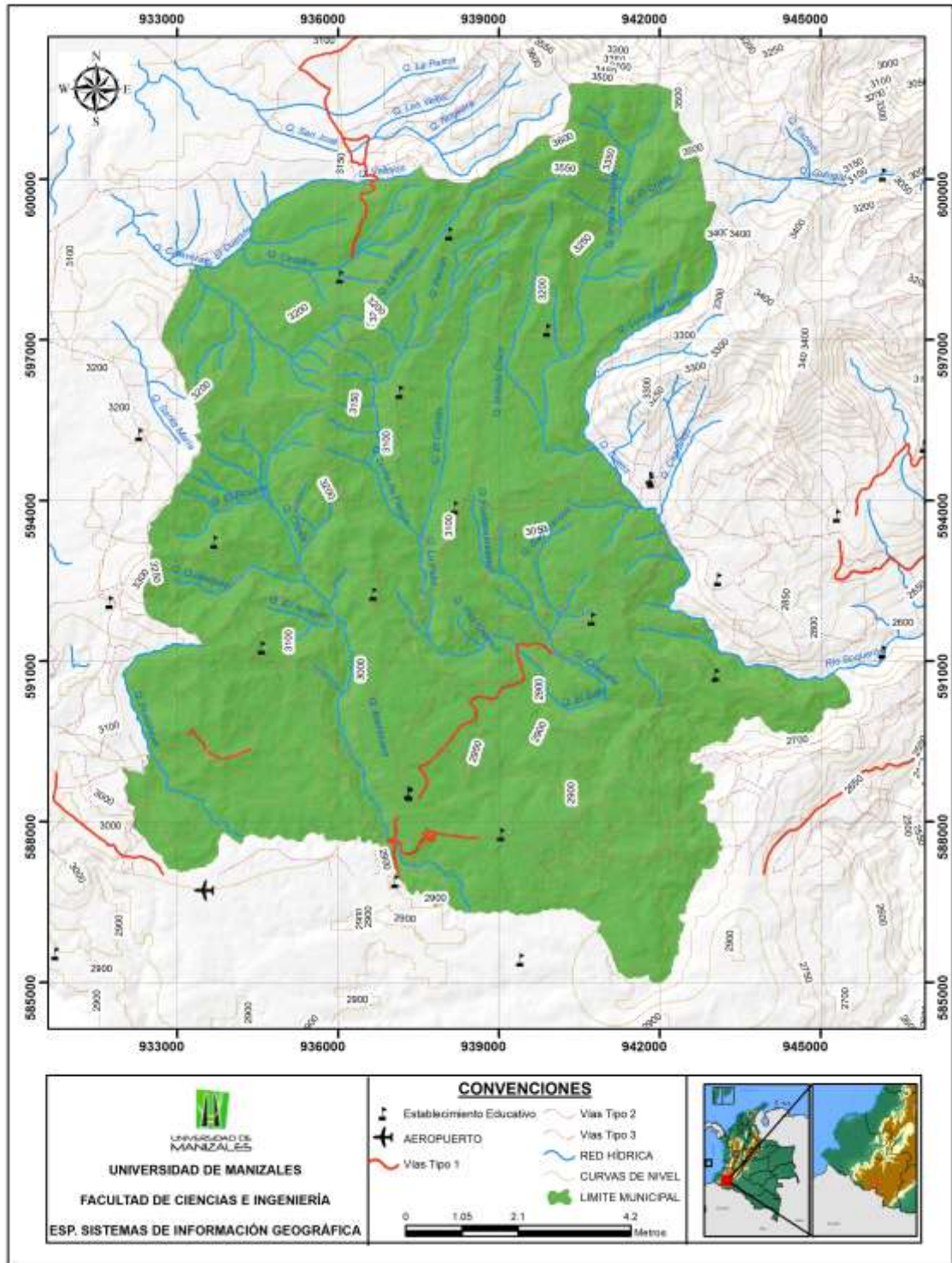
- ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUPIALES PGIRS 2015 – 2027. Alcaldía municipal de Pupiales. EMSERP-empresa de servicios públicos varios de Pupiales.
- Buzai, Gustavo D. (s.f.). Capítulo 7. Análisis espacial con sistemas de información geográfica: Sus cinco conceptos fundamentales. Programa de Estudios Geográficos (PROEG), Universidad Nacional de Luján. Encontrado en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/libro-13/CAPITULO-07.pdf>
- COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Censo 2005.
- COLLAZOS P., Héctor. Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios. ed. 2. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. Mayo de 2005. p. 1 – 34, 43 - 64.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas Climatológico de Colombia. Diciembre de 2005. p 217.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Rellenos Sanitarios: Guía Ambiental. Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana. Grupo de Gestión Urbana y Salud. Fotolito América Ltda. Bogotá D.C., 2002.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, Sección II, Título F, Sistemas de aseo urbano. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. 2000.
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. (1997) Política para la Gestión Integral de Residuos. Encontrado en <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/poli/politica%20de%20residuos.pdf>
- DORADO A, CERÓN R, Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán. Popayán. Julio de 2012.

- Esquema de Ordenamiento Territorial 2008-2012. Alcaldía municipal de Pupiales.
- Meléndez, C. 2004. Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos PROARCA. http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Guia_Celdas_Rellenos_Final_web.pdf. Último acceso diciembre 22 de 2009.
- M. Noguera, K., & T. Olivero, J. (30 de Junio de 2015). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso Colombiano. Obtenido de http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/132/347-356.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. DECRETO 2981 DE 2013 (Diciembre 20). Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. POLITICA PARA LA GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS. Santafé De Bogotá. Agosto de 1997.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DECRETO NÚMERO 0838 (Marzo 23 de 2005). “Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”. Bogotá, 2005.
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS - 2000
- Olaya, Víctor. (2011). Sistemas de Información Geográfica.
- Peña Llopis, Juan. (2005). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Encontrado en <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/557.pdf>
- Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005.
- Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005.
- QUIÑONES, Ferdinand, y BEALE, Carlos. Utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para la Ubicación de un Relleno Sanitario Regional en Puerto Rico. CSA Architects and Engineers - GeoData, Inc. Encontrado en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico/lxii.pdf>

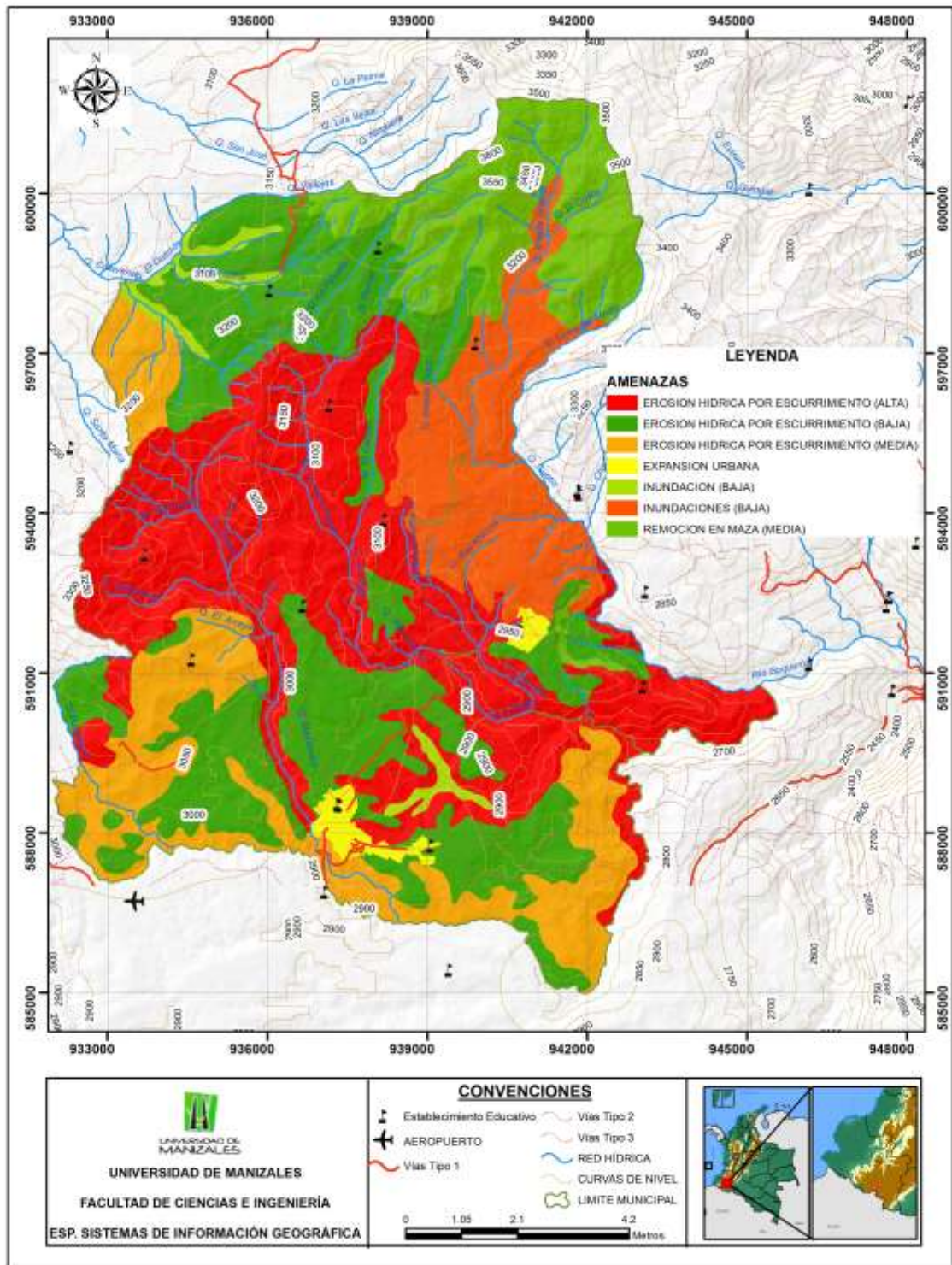
- SAAVEDRA V., Oliver C. y NOGALES E., Oscar A. Nuevo Emplazamiento del Relleno Sanitario para el Municipio de Cochabamba. Memorias XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Cochabamba, Bolivia. 1998. Encontrado en: <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/resisoli/nuempl/nuempl.html>
- VERGARA, Heyley; et al. Análisis Preliminar para la Delimitación de Áreas Potenciales y la Selección de Áreas Favorables para la Futura Ubicación del Relleno Sanitario de la Ciudad de Ibagué, Tolima. Informe N°1. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear –INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá D.C., 2002. Encontrado en: http://productos.ingeominas.gov.co/productos/OFICIAL/geoamena/efgeoamb/edetalle/pdf/ibague/r_memoria.pdf

ANEXOS

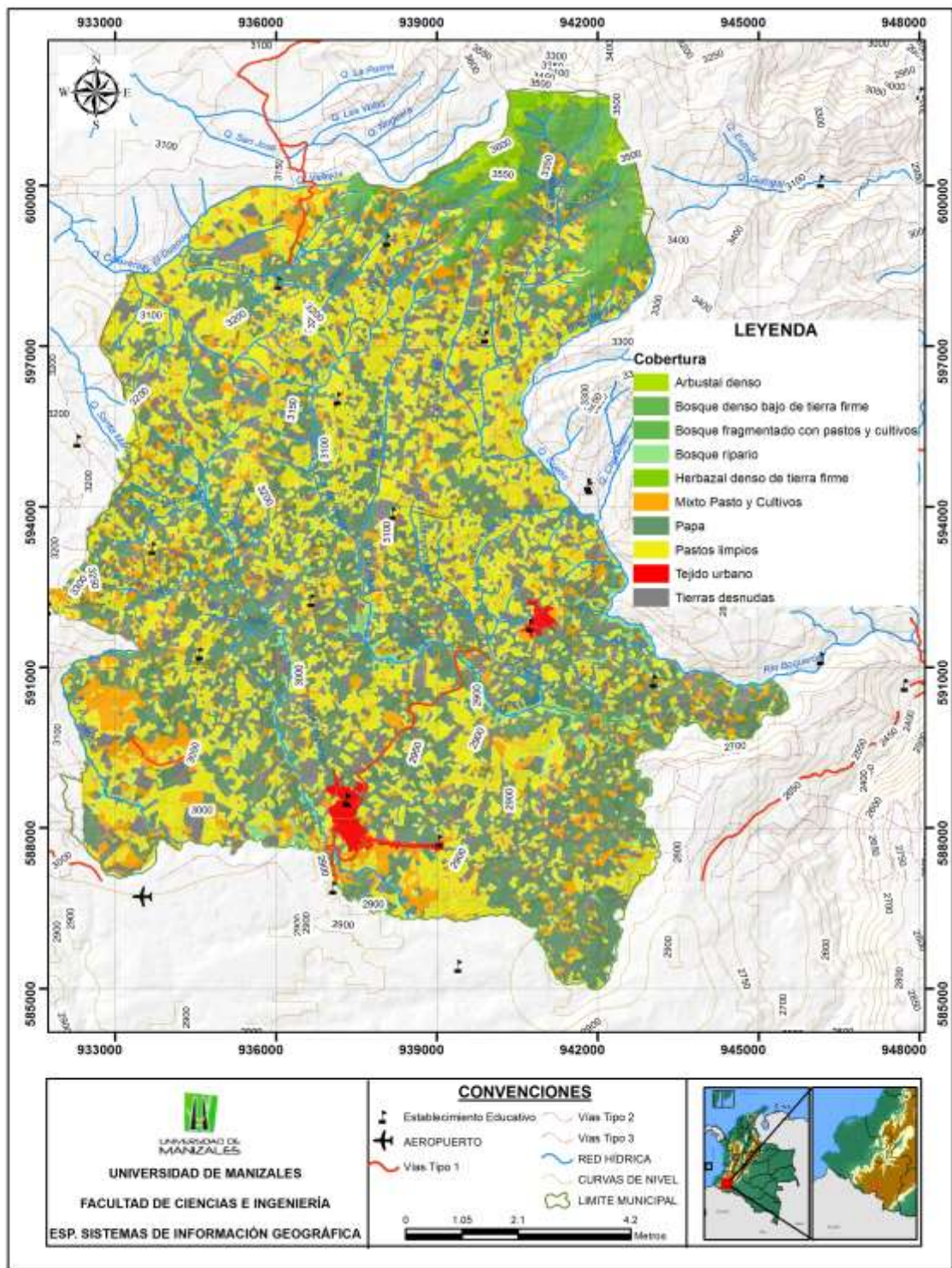
ANEXO 1. Mapa Base



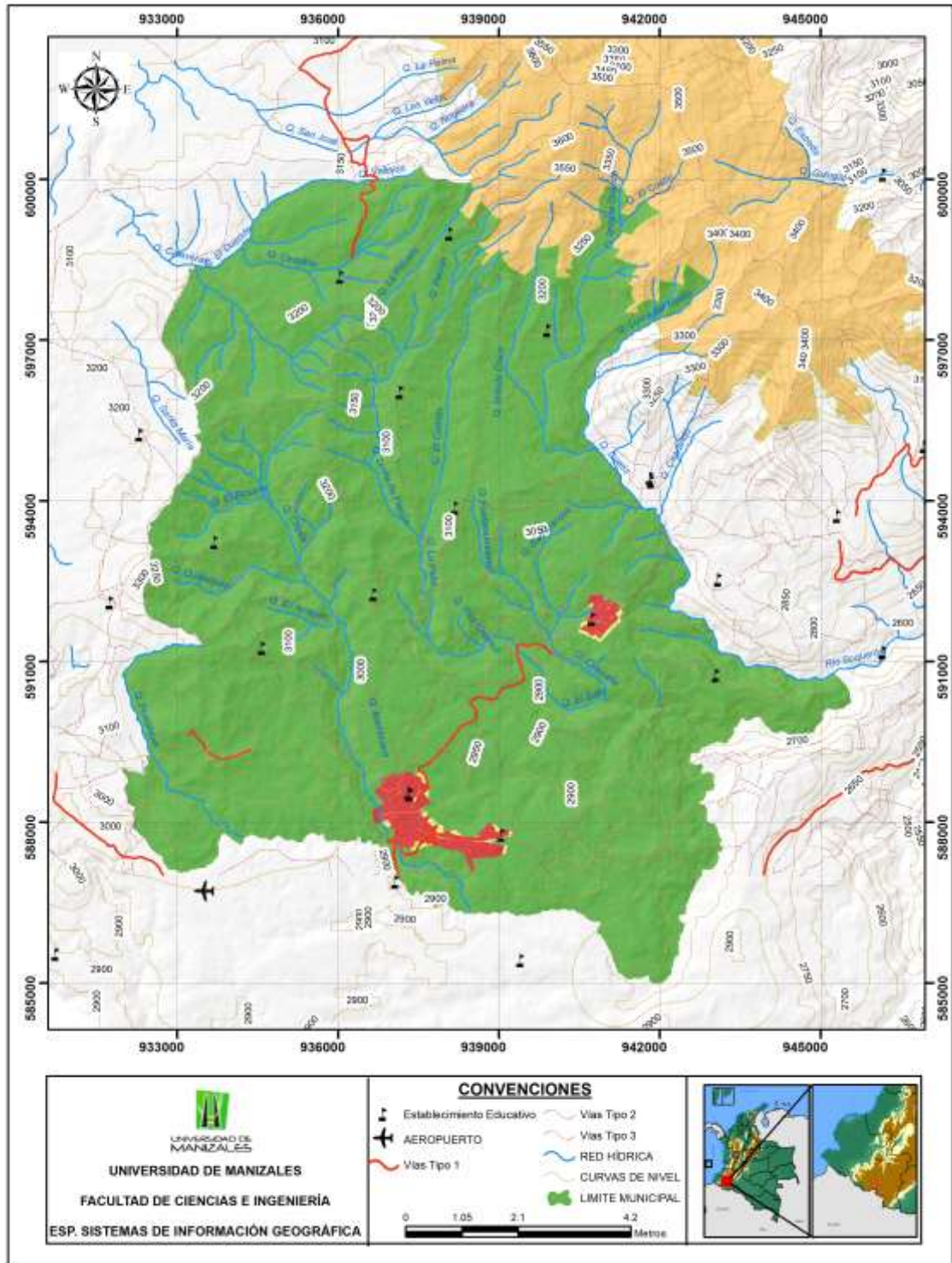
ANEXO 2. Mapa de Amenazas



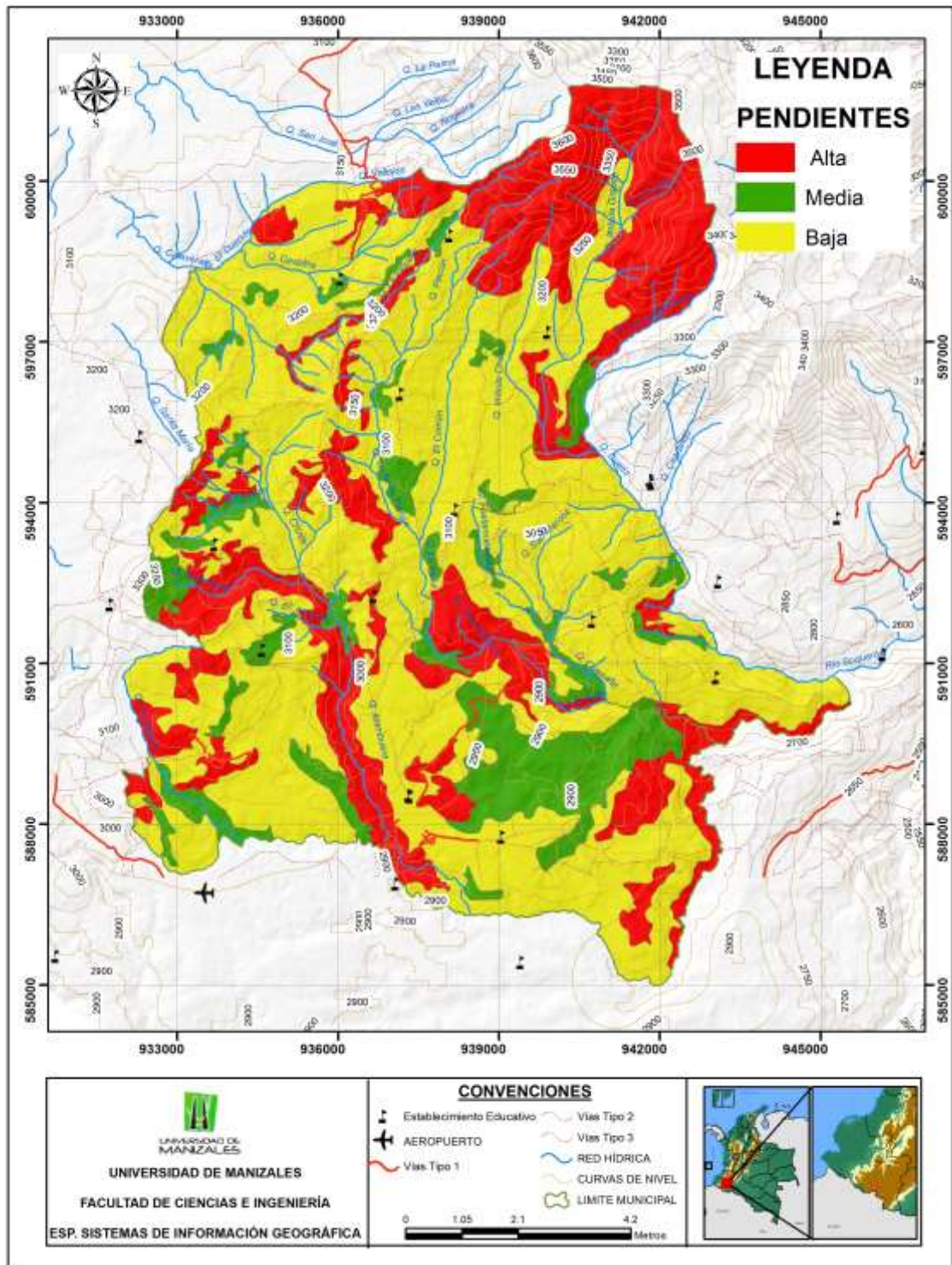
ANEXO 3. Mapa de Coberturas de la Tierra



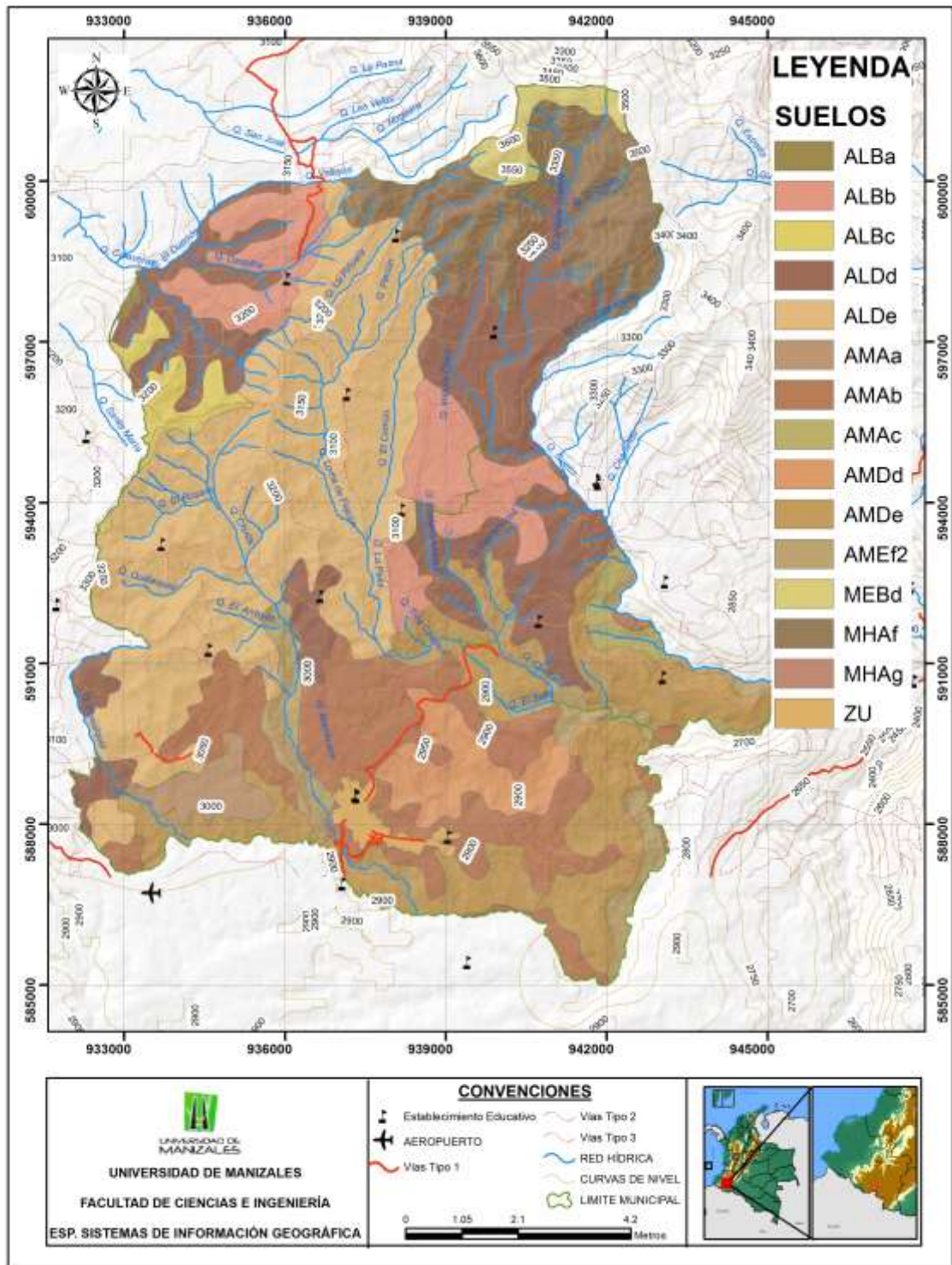
ANEXO 4. Mapa de Áreas Protegidas



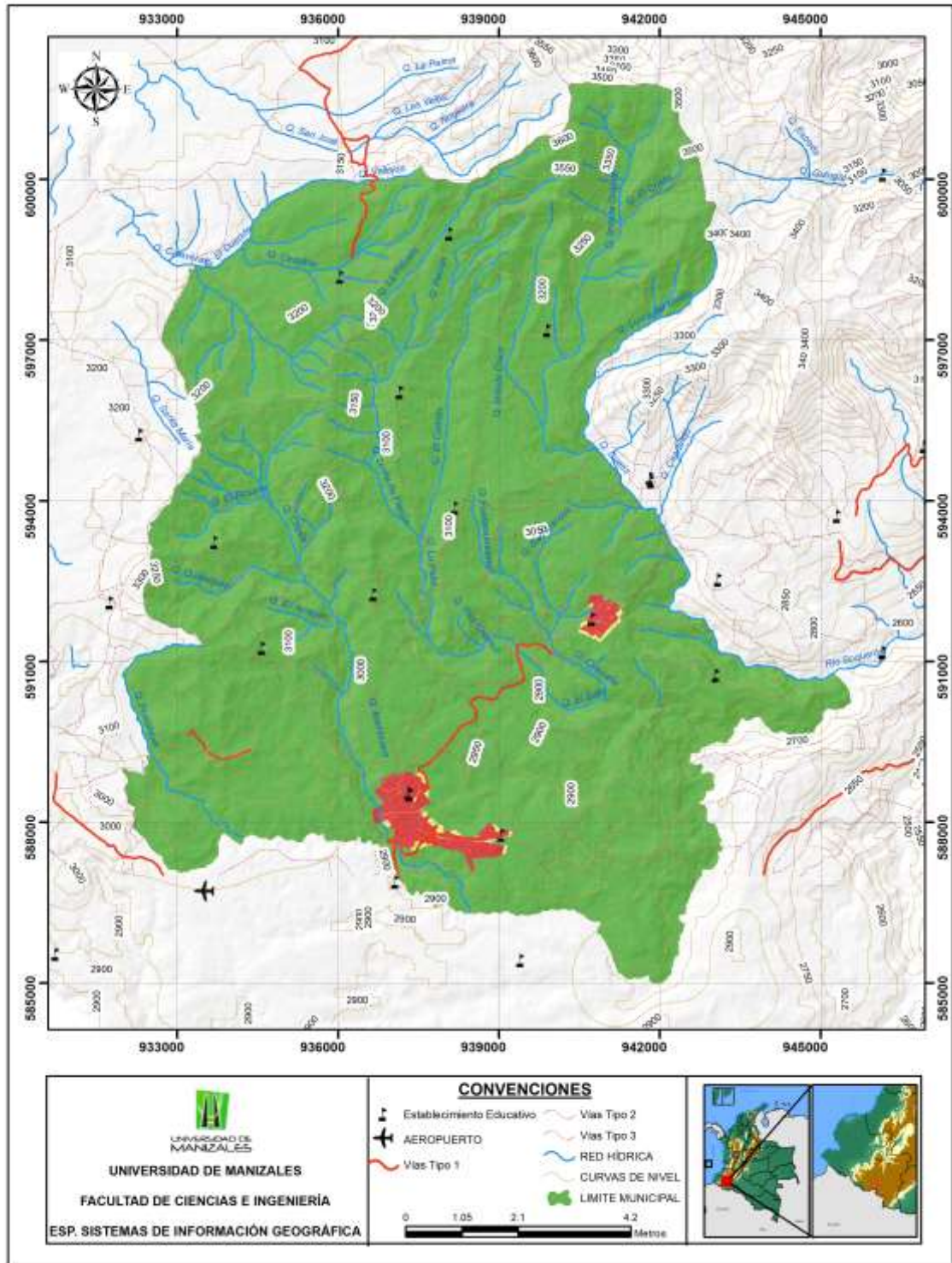
ANEXO 5. Mapa de Pendientes



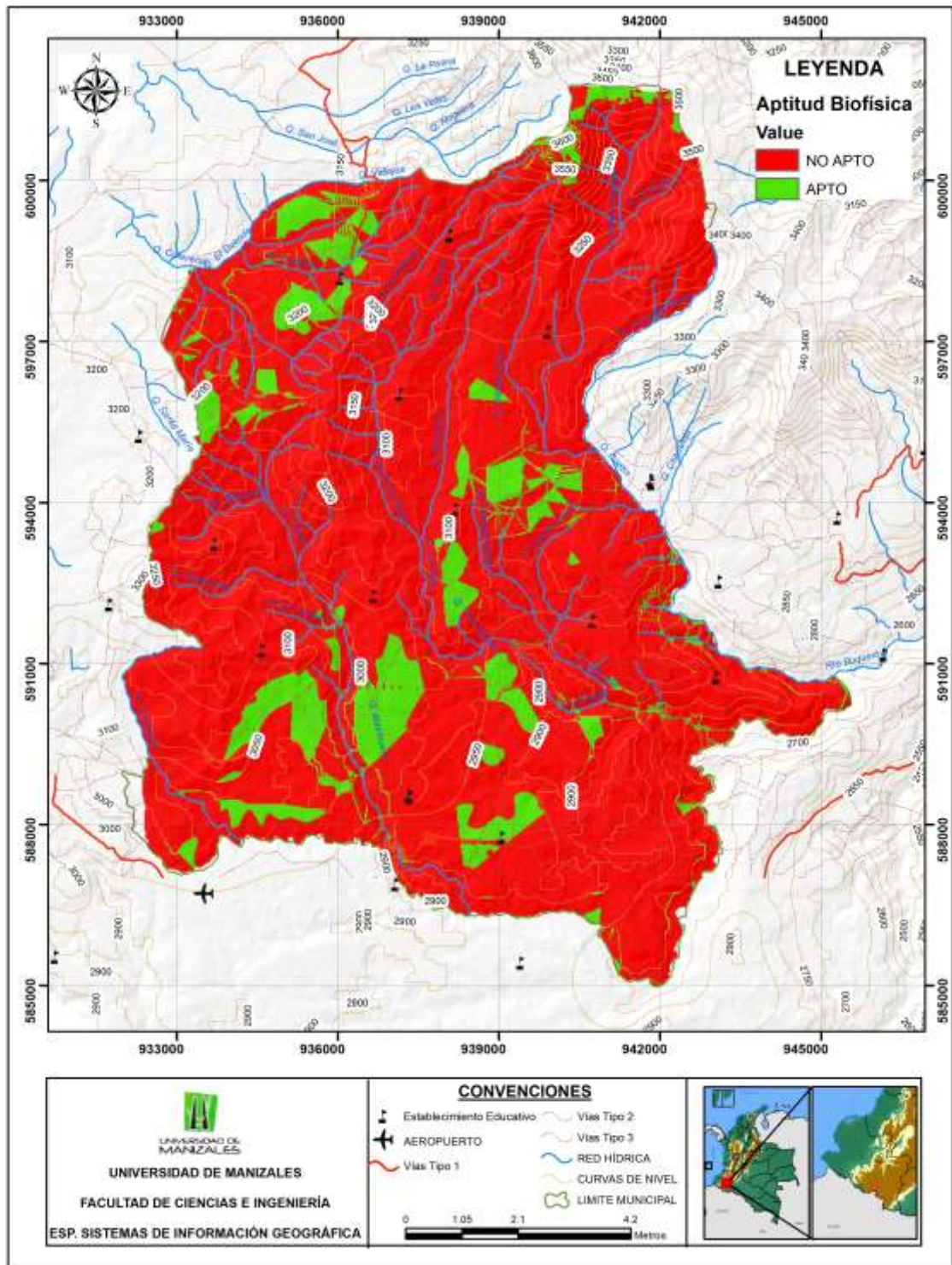
ANEXO 6. Mapa de Suelos



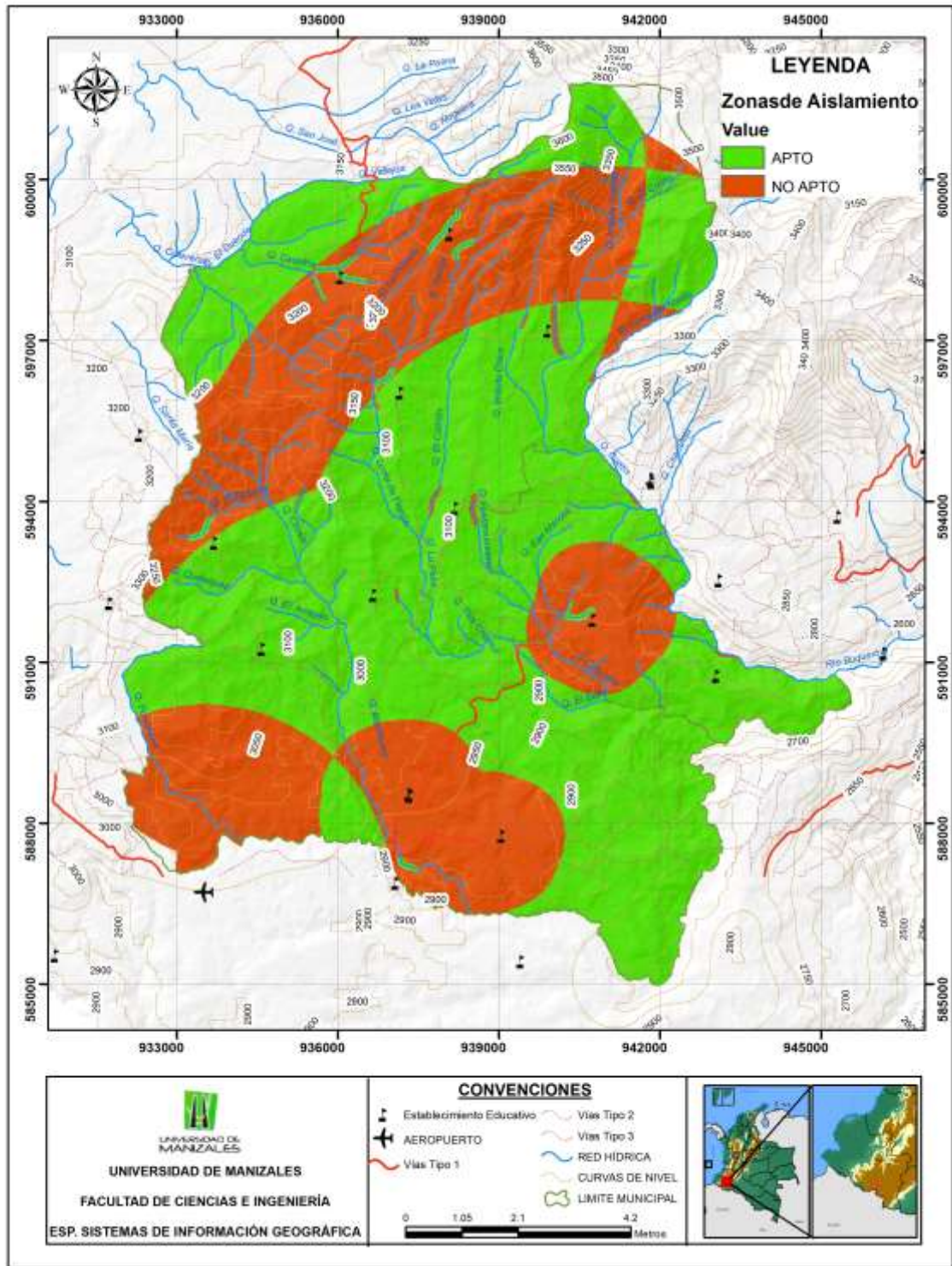
ANEXO 7. Mapa de Zonas Urbanas y Zonas de Expansión



ANEXO 8. Mapa de Aptitud Biofísica



ANEXO 9. Mapa de Zonas de Aislamiento



ANEXO 10. Mapa de Zonas Aptas con áreas superiores a 5 hectáreas

