

**ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO REGIONAL  
PARA EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA –  
COLOMBIA**

**Proyecto presentado como requisito parcial para optar al título de  
Especialista en Sistemas de Información Geográfica**

**Elaborado por:  
Ing. Johan Darío Montero Lozano**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
MANIZALES  
2017**

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	2-8
2	ANTECEDENTES.....	2-10
3	OBJETIVOS.....	3-13
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	3-13
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3-13
4	JUSTIFICACIÓN.....	4-14
5	GENERALIDADES DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA .....	5-16
5.1	LOCALIZACIÓN GENERAL del proyecto.....	5-16
6	ALCANCE DEL PROYECTO.....	6-17
7	CARACTERIZACIÓN ACTUAL DE servicios de DISPOSICIÓN FINAL DE ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	7-18
7.1	DIAGNÓSTICO TÉCNICO – OPERATIVO DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	7-21
7.2	OFERTA ACTUAL DEL SERVICIO.....	7-23
7.3	DEMANDA DEL SERVICIO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	7-24
8	METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO.....	8-27
8.1	ETAPA DE MACROZONIFICACIÓN.....	8-28
8.2	ETAPA DE MICROZONIFICACIÓN.....	8-29
8.3	MARCO CONCEPTUAL DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO .....	8-29
9	DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	9-32
9.1	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD NECESARIA PARA EL R.S.R DE TERRENO.....	9-32
9.1.1	Producción Per Cápita – PPC.....	9-32
9.1.2	Determinación de la capacidad requerida del relleno sanitario regional	9-32
9.2	SELECCIÓN, CREACIÓN Y PONDERACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN ETAPA DE MACROZONIFICACIÓN.....	35
9.2.1	Calculo del centroide de producción y ponderación de la centralidad de los focos de producción de residuos sólidos .....	36
9.2.2	Pendiente del terreno .....	39
9.2.3	Facilidad para el movimiento de tierras.....	42

9.2.4	Calidad y distancia del material de cobertura .....	43
9.2.5	Geoformas.....	44
9.2.6	Distancias a Cuerpos de agua.....	45
9.2.7	Distancia entre el perímetro urbano, respecto del área potencial para la disposición final de residuos sólidos .....	47
9.2.8	Uso del suelo.....	48
9.2.9	Distancia vías principales .....	50
9.2.10	Distancia a otros rellenos sanitarios .....	51
9.3	CRITERIOS APLICABLES NO PONDERADOS: .....	52
9.3.1	CAPACIDAD DEL TERRENO .....	52
9.3.2	DENSIDAD POBLACIONAL .....	53
9.3.3	CLIMA .....	54
9.3.4	PLUVIOMETRÍA.....	56
9.3.5	DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS .....	57
9.4	PROHIBICIONES.....	57
9.4.1	Ronda de protección de 30 m de lechos permanentes y estacionales de ríos y quebradas, Madres viejas, terrenos sujetos a inundación y humedales. 58	
9.4.2	Zonas de recarga de acuíferos y acuíferos con extrema vulnerabilidad a la contaminación .....	59
9.4.3	Parques Nacionales Naturales y áreas de Manejo Especial .....	60
9.4.4	Áreas urbanas, sub urbanas y de expansión .....	62
9.4.5	Usos del Suelo .....	63
9.4.6	Fallas Geológicas .....	64
9.5	RESTRICCIONES.....	66
9.5.1	Aeropuertos.....	67
9.5.2	Distancia al Suelo Urbano .....	68
10	MODELO DE APTITUD.....	71
11	MICROZONIFICACIÓN.....	75
11.1	JERARQUIZACIÓN DE POLIGONOS .....	75
11.2	DESCRIPCION DE POLIGONOS candidatos a daa .....	11-77
11.2.1	POLÍGONO 14 .....	11-77

11.2.2	POLÍGONO 15 .....	11-79
11.2.3	POLÍGONO 3 .....	11-81
12	CONCLUSIONES.....	12-84
13	RECOMENDACIONES .....	13-87
14	BIBLIOGRAFIA .....	14-88
15	GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	15-90
16	MARCO JURÍDICO DEL ESTUDIO.....	16-91
16.1	Ley 09 de 1979 .....	16-91
16.2	LEY 99 DE 1993 .....	16-91
16.3	Ley 142 de 1994 .....	16-91
16.4	Documento CONPES 2750 de 1994.....	16-92
16.5	Decreto 605 de 1996 .....	16-92
16.6	Ley 388 de 1997. Reglamento de Ordenamiento Territorial .....	16-92
16.7	Decreto 602 de Febrero de 1999 .....	16-92
16.8	Decreto 219 de febrero de 2000 .....	16-92
16.9	RESOLUCIÓN 1096del 2000. MinDesarrollo .....	16-92
16.10	Ley 715 de 2001 .....	16-93
16.11	Resolución 1390 del 2005.....	16-94
16.12	.Decreto 1575 de 2007 .....	16-94
16.13	Resolución 1684 del 2008.....	16-94
16.14	RESOLUCIÓN NÚMERO 1822 del 22 de Septiembre de 2009 .....	16-95
16.15	Resolución 1529 del 2010.....	16-95
16.16	Ley 1450 de 2011 .....	16-95
17	ANÁLISIS DEL DECRETO 838 DEL 2005 FRENTE A LA LOCALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS REGIONALES DE RESIDUOS MUNICIPALES .....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Valle del Cauca en el contexto General .....	5-16
Figura 2 . Ubicación de sitios de Tratamiento y Disposición Final .....	7-19
Figura 3. Calculo del Centroide ponderado de producción de RS .....	37
Figura 4. Centralidad de los focos de producción.....	39
Figura 5. Figura de pendientes de la zona de estudio .....	40
Figura 6. Geomorfología del Valle del Cauca .....	41
Figura 7. Distancia cuerpos de agua.....	46
Figura 8. Distancia entre el perímetro urbano respecto del área potencial para la disposición final.....	48
Figura 9. Criterio de uso del suelo.....	49
Figura 10. Criterio de distancia vías principales .....	50
Figura 11. Distancia a otros rellenos sanitarios .....	52
Figura 12. Pisos térmicos.....	56
Figura 13. Prohibiciones de Cuerpos de Agua .....	59
Figura 14. Zonas de Recarga de acuíferos y acuíferos con extrema vulnerabilidad a la contaminación .....	60
Figura 15. Parques Nacionales Naturales y Áreas de Manejo Especial .....	62
Figura 16. Áreas Urbanas, Sub urbanas y de expansión .....	63
Figura 17. Usos del Suelo establecidos como prohibiciones .....	64
Figura 18. Fallas regionales .....	65
Figura 19. Total prohibiciones macrozonificación.....	66
Figura 20. Restricciones Aeropuertos por seguridad.....	68
Figura 21. Restricciones Distancia al suelo Urbano .....	69
Figura 22. Reclasificación Restricciones .....	70
Figura 23. Modelo de aptitud macro-zonificación .....	72
Figura 24. Polígonos obtenidos.....	73
Figura 29. Delimitación del Polígono 14 .....	11-78
Figura 30. Delimitación del Polígono 15.....	11-81

## LISTA DE TABLAS

Tabla 7.1. Prestadores del servicio de aseo y sitio de disposición final .....	7-20
Tabla 7.2. Manejo de los RSM en el Valle del Cauca.....	7-21
Tabla 7.3. Resumen de situación actual de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. ....	7-26
Tabla 9.1. Proyecciones de población con capacidad y área de terreno requeridas .....	34
Tabla 9.1. Matriz de variables ponderadas de macro-zonificación .....	36
Tabla 9.8 Reclasificación de la centralidad de los focos de producción .....	38
Tabla 9.2. Reclasificación valores de pendiente.....	40
Tabla 9.4 Valoración del criterio del movimiento de tierras .....	43
Tabla 9.5. Valoración calidad del material de cobertura .....	44
Tabla 9.6. Valoración de la distancia al sitio de obtención de material de cobertura .....	44
Tabla 9.7. Valoración del criterio de Geoformas respecto al entorno .....	45
Tabla 9.9. Reclasificación distancia cuerpos de agua .....	46
Tabla 9.10. Reclasificación de la distancia entre el perímetro urbano respecto del área potencial para la disposición final.....	47
Tabla 9.11. Reclasificación uso del suelo.....	49
Tabla 9.12. Reclasificación por accesibilidad vial .....	50
Tabla 9.13. Reclasificación de distancia a otros rellenos .....	51
Tabla 9.14 Ponderación de la capacidad .....	53
Tabla 9.15. Ponderación por densidad poblacional .....	53
Tabla 9.16. Ponderación del clima .....	54
Tabla 9.17. Clima ambiental para el valle del cauca .....	54
Tabla 9.19. Ponderación dirección de los vientos .....	57
Tabla 9.21. Usos del suelo establecidos como prohibición .....	64
Tabla 9.22. Influencia de Aeropuertos en Área de Estudio.....	68
Tabla 9.23. Reclasificación de Restricciones .....	69

Tabla 10.1. Ubicación y área los polígonos estudiados.....	73
Tabla 11.1. Matriz de jerarquización de polígonos. ....	11-76

### **LISTA DE FOTGRAFIAS**

Fotografía 1. Geomorfología del Polígono 14.....	11-78
Fotografía 2. Geomorfología del Polígono 15.....	11-80
Fotografía 3. Geomorfología del Polígono 3.....	11-83

### **LISTA DE GRAFICAS**

Grafica 8.1. Esquema Conceptual Evaluación Multicriterio .....	8-30
Grafica 10.1. Valores de reclasificación del modelo de aptitud y estadísticas de áreas.....	71

## 1 INTRODUCCIÓN.

En Colombia al igual que en la mayoría de los países Latinoamericanos la problemática del manejo de los residuos sólidos ha sido abordada en un segundo plano, dando prioridad de las inversiones en infraestructuras para el suministro de agua potable a la población. Sin embargo desde 1979 se cuenta con el Código Sanitario Nacional (Ley 09 de 1979).

Hasta 1994, los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo eran prestados por el estado en forma exclusiva, labor que no estaba en capacidad de cumplir en su totalidad, debido a la dimensión de la problemática a los recursos tan limitados y a la falta de experticia del gobierno para administrar la infraestructura que se construía. Mediante la expedición de la Ley 142 de 1994 o Ley de Servicios Públicos Domiciliarios, se permitió a inversionistas privados prestar los servicios públicos domiciliarios, con la regulación y vigilancia del estado y mediante la expedición de una normatividad específica que estableciera las reglas de la prestación de estos servicios de tal forma que se alcanzara la satisfacción de los usuarios ofreciendo un servicio de calidad y cobertura adecuada, a costos razonables y siempre con la intermediación del estado para lograr el equilibrio entre las partes.

De acuerdo con la legislación vigente, el estado prefiere que los servicios públicos domiciliarios sean prestados por particulares y solo en caso de no contar con otra opción, ser asumidos por el gobierno local o regional.

El gobierno nacional, mediante el sistema de Plan Departamental de Aguas (1) cofinancia las iniciativas Municipales y Departamentales que incluyen las fases de pre inversión e inversión de infraestructura para la prestación del servicio público de aseo y promueve el desarrollo de las instituciones que se encargaran de administrar estos servicios, con el fin de asegurar un mejoramiento continuo en calidad y cobertura y una sostenibilidad en la prestación del mismo en el tiempo bajo esquemas públicos, pero preferiblemente privados o mixtos.

El presente proyecto hace parte de estas iniciativas regionales, específicamente del Departamento del Valle del Cauca – Colombia, a través de su empresa gestora del PDA – Vallecaucana de Aguas S.A. E.S.P. destinada para los municipios de la región norte, específicamente los municipios de El Águila, El Cairo, Cartago, Alcalá, Ansermanuevo, Argelia, Ulloa, El Toro, Versalles, La Union, El Dovio, La Victoria, Obando, Zarzal, Roldanillo, Bolívar, Trujillo, Caicedonia y Sevilla, ya que es donde se requiere con mayor urgencia una solución a la disposición final de residuos sólidos municipales, pues las soluciones disponibles son parciales (PMIRS sin relleno sanitario o en malfuncionamiento) o lejanas (Rellenos sanitario regionales muy lejanos o con poca capacidad o al final de su vida útil).

El presente “Estudio de Localización de la Infraestructura para la Transferencia y/o Disposición Final de Residuos Sólidos en el Norte del Departamento del Valle del Cauca – Colombia”, tiene como objetivo el de localizar suelos con aptitud especial



para la localización del Relleno Sanitario Regional, materializados en polígonos o 5 zonas donde sea factible brindar este tipo de uso al territorio. El estudio no localiza un relleno sanitario, ni tampoco evalúa predios disponibles, que es la metodología común mentalizada y documentada en la literatura, sino que realiza un barrido de la totalidad de la zona de estudio reduciendo cada vez más el área de acuerdo con criterios específicos de localización de tipo ambiental, geológico y geográfico, hasta encontrar polígonos susceptibles de ser incluidos con la vocación para la localización de estaciones de transferencia o de rellenos sanitarios como instrumento del ordenamiento territorial, de tal forma que sirva como herramienta de evaluación para las autoridades territoriales en caso de que los futuros interesados soliciten permisos para construir y operar este tipo e infraestructura de saneamiento.

El estudio pretende contribuir a el ordenamiento territorial de la región y aportar al ordenamiento del país, en materia de localización adecuada de infraestructura de saneamiento básico, como una herramienta necesaria para mejorar el acceso de la población a los servicios de saneamiento básico y por lo tanto de reducción de la pobreza en países en desarrollo como Colombia.(2)

- (1) Instrumentos de planeación regional creados por el gobierno nacional para dar solución integral y articulada a la problemática de agua potable y saneamiento básico del país.
- (2) SSPD. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Entidad vigilante de las empresas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios
- (3) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, transformado en la actualidad en el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

## 2 ANTECEDENTES.

“La Agenda Gris” del gobierno nacional (4) se ha enfocado a enfrentar las amenazas del ambiente sobre la salud y el bienestar de la población a escala local, relacionadas con la insuficiente provisión de agua y servicios de saneamiento, la contaminación del aire, los recursos hídricos y los desechos sólidos; la necesidad de resolver los crecientes problemas ambientales locales ha hecho que recientemente el país oriente y emprenda acciones que le den mayor vigor a la llamada Agenda Gris, abarcando aspectos del desarrollo urbano y territorial de Colombia.

Entre los lineamientos y estrategias de la Agenda Gris, tenemos el Desarrollo de Instrumentos Económicos, Financieros y Especificaciones Técnicas para la Adecuada Disposición Final de Residuos Sólidos. El Gobierno Nacional expidió un Decreto y normas consistentes con los principios plasmados en la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994 para desarrollar instrumentos económicos y financieros, y establecer especificaciones técnicas asociadas con la adecuada disposición final de residuos sólidos.

Se busca ejecutar acciones de bajo costo y alto impacto, orientadas a disminuir el impacto, en términos de salud, de la problemática asociada con la contaminación por inadecuado manejo de los residuos sólidos. Con ello se espera generar capacidades institucionales en municipios, departamentos y las Corporaciones autónomas regionales CAR (5) para la gestión integral de residuos sólidos, elaborar el material de apoyo para la capacitación y socialización de la reglamentación asociada, apoyando la coordinación interinstitucional para implementación y seguimiento a la aplicación de dicha reglamentación, fortalecer la formulación y seguimiento a los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS y diseñar un proyecto piloto relacionado con los PGIRS”.(6)

La Ley 388 de 1997 (9) determina en su artículo 14, que el componente rural del Plan de Ordenamiento Territorial es un instrumento para garantizar la adecuada interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, la conveniente utilización del suelo rural y las actuaciones públicas tendientes al suministro de infraestructuras y equipamientos básicos para el servicio de pobladores rurales, siendo específico que este componente deberá contener entre otros las áreas que formen parte del sistema de servicio público de aseo o de disposición final de residuos sólidos.

En el aspecto empresarial, se estima que de los 1.141 prestadores de servicios en el sector de agua potable, alcantarillado y aseo, 656 (57%) son oficinas municipales que prestan el servicio de recolección y disposición directamente a los usuarios, situación que se presenta especialmente en municipios de menos de 50.000 habitantes. La prestación directa por parte de los municipios se caracteriza por: (i) administración comercial y operacional deficiente; (ii) ausencia de prácticas estandarizadas y transparentes en el manejo de la contabilidad; (iii) incapacidad en la aplicación de una estructura tarifaria adecuada basada en un estudio de costos;

(iv) deficiente calidad del servicio y bajas coberturas; y (v) problemas técnicos y baja calidad en la disposición final de residuos sólidos (10)

El Diagnóstico del Plan Departamental del Aguas del Valle de Cauca, PDA, realizado en el año 2011, por la empresa Vallecaucana de Aguas S.A E.S.P, empresa gestora del PDA y por lo tanto de los proyectos de agua potable y saneamiento de la región, establece que el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos en el Departamento del Valle del Cauca, provoca la existencia de problemas sanitarios y ambientales por la manipulación de los residuos de manera inapropiada sobre fuentes hídricas y directamente en el suelo, en áreas sin servicios públicos adecuados.

Según el estudio, el 26% de los municipios del Departamento del Valle disponen sus residuos bajo condiciones que no garantizan una sostenibilidad superior a 15 años, es decir , disponen en botaderos a cielo abierto y celdas transitorias (7), soluciones que han ido ocasionando deterioro ambiental en las fuentes hídricas, subterráneas y suelos principalmente, así mismo ocasionan problemas de salubridad para la comunidad aledaña por la proliferación de vectores de enfermedades (insectos y roedores), como resultado de los procesos de descomposición de la materia orgánica asociada a las condiciones ambientales, geográficas, climatológicas y geológicas de los territorios, y al inadecuado manejo operativo de los sitios destinados para la disposición final de residuos.

Al revisar los instrumentos de planeación del territorio, como son los Planes de Ordenamiento Territorial y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial, se encontró que de los municipios del Departamento del Valle del Cauca, ninguno ha contemplado áreas definitivas para la disposición final de residuos sólidos, por lo cual se hace urgente que los municipios de la zona norte del Dpto., asuman esta responsabilidad, pues de acuerdo con la Ley colombiana, aunque los servicios públicos se concesionen, la responsabilidad siempre recaerá en el Alcalde Municipal.(8)

- (4) Documento CONPES 3343. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.
- (5) PGIRS, Planes de gestión integral de residuos sólidos. Instrumento de planeación de la gestión de residuos sólidos de cada municipio a mediano plazo, de obligatoria formulación según la Ley , que debe contar con la revisión por parte de la autoridad ambiental y ser incorporado al presupuesto municipal
- (6) CARs: Autoridades ambientales regionales administradoras de los recursos naturales
- (7) Celdas transitorias: celdas de basura que cumplen una función como micro rellenos sanitarios temporales, autorizados por el gobierno para ser utilizados como rellenos de residuos domésticos, como solución transitoria entre un botadero a cielo abierto y un relleno sanitario.
- (8) Ley 142 de 1994 o Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.
- (9) Ley 388 de 1997 o Ley del Ordenamiento Territorial.
- (10) Documento CONPES 3574 .Concepto favorable a la nación para contratar un empréstito externo con la banca multilateral hasta por US \$20 millones de dólares o su equivalente

(11) en otras monedas, destinado a financiar parcialmente el programa de disposición final de residuos sólidos

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Definir la localización de la infraestructura de transferencia o disposición final de residuos en el norte del Departamento del Valle del Cauca, mediante la evaluación de criterios técnicos, ambientales y sociales.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Brindar los elementos necesarios a los municipios del norte del Valle del Cauca, para que incluyan en sus planes de ordenamiento territorial las áreas factibles de localización de estaciones de transferencia y rellenos sanitarios.
- Proponer y aplicar instrumento metodológico que permita la identificación de polígonos aptos para la localización de infraestructura de Rellenos Sanitarios Regionales, que pueda ser aplicado en otras regiones.
- Avanzar decididamente en la solución a la problemática de tratamiento y disposición final de residuos que afronta la región del norte del Valle.

## 4 JUSTIFICACIÓN

Los municipios del norte del Valle del Cauca no cuentan con una solución oportuna y definitiva para el manejo de sus RS, debido a varias razones: *i)* las soluciones planteadas como las Plantas de Manejo Integral de Residuos Sólidos – PMIRS aprovechan los residuos parcialmente, requiriéndose una disposición final para los materiales no aprovechables, *ii)* los rellenos disponibles se encuentran relativamente lejos de las poblaciones y *iii)* la mayoría de los micro-rellenos y celdas transitorias de la región representan una solución a corto plazo, por su baja capacidad o manejo operativo inadecuado. Por lo tanto, se requiere brindar una solución definitiva de tipo regional que le permita a todos los municipios de esta zona acceder al servicio de disposición final de residuos en forma económica y sostenible, además de dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente.

El Decreto 1713 de 2002 ordenó el cierre definitivo de los botaderos a cielo abierto de todo el país y permitió implementar una solución temporal denominada “Celda Transitoria”. En estas celdas se permitía realizar la disposición final de los RSM hasta que se contará con una solución adecuada como las PMIRS, micro-rellenos y/o rellenos sanitarios (regionales, preferiblemente).

El cumplimiento de la normatividad ha sido parcial y se ha implementado lentamente, no obstante se ha contado con la ayuda de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, autoridad ambiental del departamento, la cual ha financiado varias de las PMIRS en el norte del Valle del Cauca.

Actualmente, las PMIRS presentan problemas operativos, financieros y económicos; todas tienen la capacidad de aprovechar los RSM, pero lo realizan de manera parcial, procesando solo una fracción de todos los materiales aprovechables; por tal motivo, las celdas destinadas para disponer los materiales de rechazo (Micro-rellenos) llegan a su capacidad máxima antes del tiempo para el cual fueron diseñados.

Teniendo en cuenta la problemática diagnosticada de residuos sólidos en todo el país, el gobierno nacional ha emprendido una búsqueda de soluciones integrales en el desarrollo de proyectos de inversión que incluyan aspectos como: estrategias para el desarrollo de proyectos productivos que planteen soluciones a la población vulnerable dedicada a la actividades del reciclaje (en los casos en que aplique); diseño de rellenos de carácter regional que generen beneficios por economías de escala y de aglomeración; diseño de estructuras integrales donde se consideren sitios de disposición adecuados, acompañados de estaciones de transferencia que promuevan las economías de escalas; y programas de socialización con la comunidad y autoridades locales para la ubicación de este tipo de infraestructura.(10).

El “Programa de Disposición Final de Residuos Sólidos” del gobierno colombiano establece cinco objetivos centrales: (i) promover la construcción de rellenos sanitarios regionales operados bajo criterios de eficiencia y calidad para la

disposición final de residuos sólidos, así como la promoción de estaciones de transferencia en los casos que sean complemento de los rellenos sanitarios y permitan generar economías de escala; (ii) fortalecer el desarrollo empresarial del servicio de aseo; (iii) diseñar proyectos de aprovechamiento integrales en aspectos técnicos, económicos y sociales; (iv) promover la inclusión de programas de Mecanismos de Desarrollo Limpio –MDL- y producción de biogás; y, (v) fomentar la realización de estudios de viabilidad de esquemas de aprovechamiento y reciclaje concertados con los municipios.

En el marco del programa se apoyan los proyectos regionales que podrán incluir estaciones de transferencia con soluciones técnica y económicamente óptimas. En este sentido, se apoya la identificación de nuevos métodos de disposición final; el dimensionamiento y localización de estaciones de transferencia; el desarrollo de estrategias de regionalización y la elaboración de flujo de inversiones en rellenos sanitarios y manejo de residuos sólidos.

Se hace énfasis en la necesidad de que, en la medida en que las condiciones (topográficas, viales, distancias) lo permitan, todos los programas y proyectos sean enfocados desde el ámbito regional, teniendo en cuenta los grandes beneficios ambientales y económicos derivados de este nivel de gestión. Un proyecto regional de gestión integral de residuos sólidos puede tener beneficios como:

- Concentración esfuerzos para solucionar los problemas asociados con el manejo de los residuos sólidos municipales.
- Establecimiento de alianzas estratégicas entre municipios que se pueden ampliar a otros sectores ambientales.
- Minimización de impactos ambientales, puesto que se impactará la menor cantidad de sitios posibles con la disposición final de RS.
- Promoción de la relación entre sector público y privado, por ejemplo, Incentivo a la conformación de empresas de servicios públicos con participación de todos los sectores.

El proyecto “Localización de la Infraestructura para la Transferencia y/o Disposición Final de los Residuos Sólidos generados en los municipios del Norte del Valle del Cauca” nace ante la necesidad que tiene esa región de poseer una infraestructura que permita un manejo y disposición de los residuos sólidos técnica y ambientalmente adecuados; es por esto que el Plan Departamental del Agua del Valle del Cauca –PDA, ha identificado las necesidades en las municipalidades que no cuentan con las herramientas técnicas y de conocimiento para cumplir a cabalidad con este requerimiento de ley. Los objetivos del Plan General Estratégico de Inversiones – PGEI y el plan de acción de la CVC asociado a los temas del PDA 2010- 2011, así lo reconocen. (12)

(12)PGEI, Plan General Estratégico de Inversiones de la empresa Vallecaucana de Aguas, gestora del Plan Departamental de Aguas PDA.

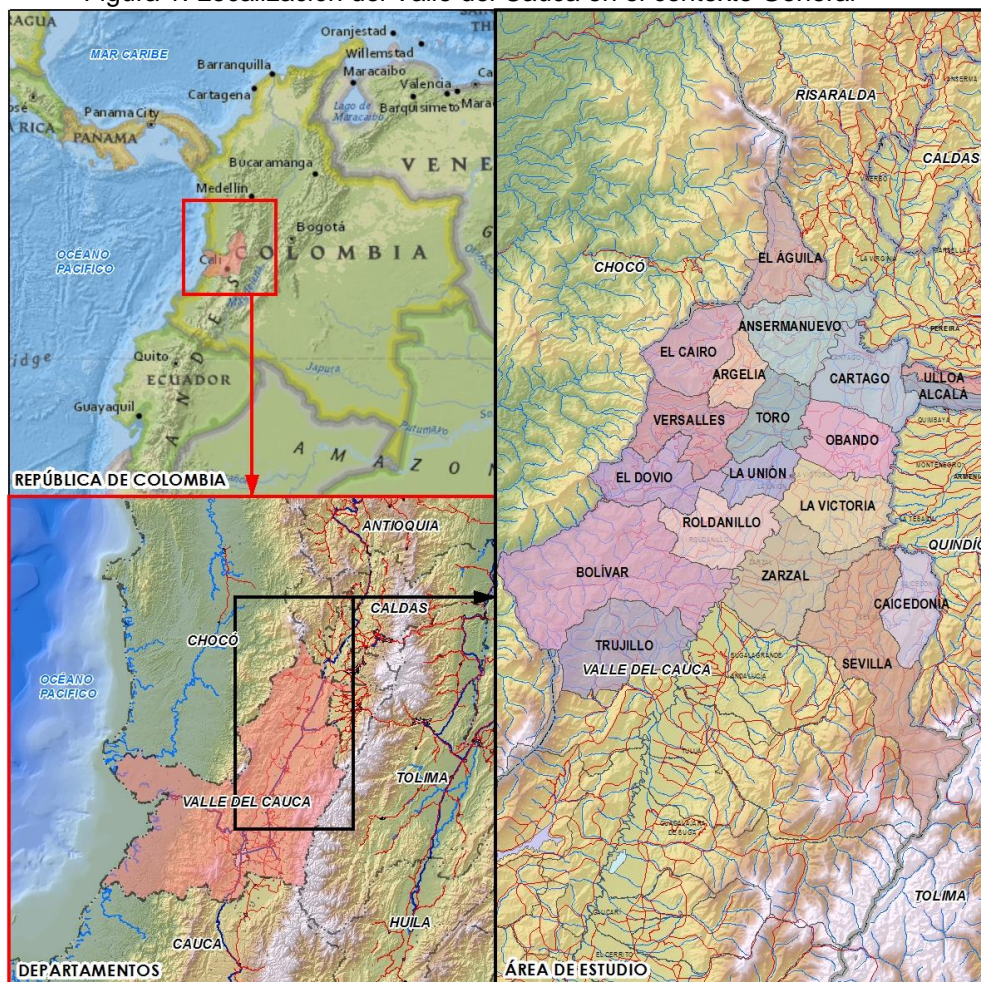
## 5 GENERALIDADES DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

### 5.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Departamento del Valle del Cauca es una región ubicada en el sur occidente de Colombia; limita al Norte con los departamentos de Chocó y Risaralda; al Sur con el Departamento del Cauca, al Este con los departamentos de Quindío y Tolima y al Oeste con el departamento de Chocó.

La zona de estudio se ubica ,entre los 03°55' y 05°02' de latitud norte y entre los 76°33' y los 75°44' de longitud oeste y comprende los municipios de Alcalá, Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Caicedonia, Cartago, El Águila, El Cairo, El Dovio, La Unión, La Victoria, Obando, Roldanillo, Sevilla, Toro, Trujillo, Ulloa, Versalles y Zarzal, totalizando los 19 municipios un área de 4715,78 Km2 en jurisdicción ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca –CVC. Ver Figura 1.

Figura 1. Localización del Valle del Cauca en el contexto General



Fuente: Propia



## **6 ALCANCE DEL PROYECTO.**

El proyecto de la localización de la infraestructura para la transferencia y disposición final de residuos sólidos abarca la zona norte del Valle del Cauca, al igual que la Zona oriental y una pequeña parte de la zona centro, tenida en cuenta por su lejanía al relleno sanitario cercano. En lo que respecta a la disposición final de residuos sólidos, pretende atender los requerimientos de los municipios seleccionados como usuarios por sus necesidades comunes y su ubicación geográfica cercana a la zona de estudio.

Para el desarrollo del “Estudio de Localización de la Infraestructura para la Transferencia y/o Disposición Final”, se toma como referencia el Decreto 838 del 2005 y se adoptan los criterios allí señalados y se plantean otros adicionales que son específicos para evaluar un sitio para la disposición final mediante Relleno Sanitario como alternativa en la definición de los polígonos aptos para este uso.

La adaptación del Decreto 838 del 2005 se debe a que este fue diseñado específicamente para evaluar sitios puntuales disponibles y/o ya identificados en los municipios para ubicar rellenos sanitarios y no para identificar suelos aptos para este tipo de infraestructura dentro de una gran área de estudio, sus criterios, levemente modificados, se adoptan en el presente estudio, pues el concepto global sobre los aspectos técnicos ambientales y sociales, a tener en cuenta para la selección de sitios, es aplicable al caso de identificación de territorios o polígonos aptos, al igual que las restricciones y prohibiciones, allí enunciadas.

Con base en los criterios evaluados y por medio de la implementación de metodologías cartográficas de análisis espacial y de evaluación multicriterio (E.M.C) y utilizando la herramienta de software ArcGis, se realiza la determinación y jerarquización de sitios potenciales para la ubicación de infraestructura para la transferencia y/o disposición final de residuos sólidos en el norte Del Valle del Cauca en el marco del P.D.A. para los municipios de Alcalá, Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Caicedonía, Cartago, El Águila, El Cairo, El Dovio, La Unión, La Victoria, Obando, Roldanillo, Sevilla, Toro, Trujillo, Ulloa, Versalles y Zarzal.

El resultado del estudio es una lista de polígonos factibles para la localización del RSR-NDV, ordenados jerárquicamente por su grado de aptitud y sobre los cuales se deben realizar estudios posteriores más específicos de índole social, ambiental, político, financiero, institucional y comunitario, entre otros, que permitan obtener uno o varios predios adecuados para la implementación de un RSR que ofrezca el servicio de disposición final de RS al norte del Valle del Cauca.

## **7 CARACTERIZACIÓN ACTUAL DE SERVICIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

El Valle del Cauca cuenta con dos rellenos sanitarios licenciados y en pleno funcionamiento, los cuales prestan el servicio de disposición final de residuos sólidos municipales – RSM a los municipios del centro y sur del Departamento. Para realizar la producción del servicio de disposición final se utilizan tres tipos de tecnologías: Disposición final en relleno sanitario, Aprovechamiento de RSM en PMIRS y disposición fina en celda transitoria

El principal Relleno Sanitario Regional – RSR, se denomina “Colomba – El Guabal”, el cual está localizado en el municipio de Yotoco; en este relleno disponen sus residuos los municipios de la zona sur del departamento, incluida su capital, Santiago de Cali.

El otro sitio ubicado dentro de la región del Valle del Cauca destinado para la disposición final de residuos es el relleno sanitario “Presidente”, que se ubica en el centro del departamento en el municipio de San Pedro; éste relleno presta el servicio de disposición final a los municipios de ésta zona (San Pedro, Tuluá, Andalucía, Zarzal, Bugalagrande, entre otros) y algunos de la zona norte como La Unión.

En el norte del Valle del Cauca se han manejado los RSM por medio de la implementación de sistemas de aprovechamiento, en las Plantas de Manejo Integral de Residuos Sólidos – PMIRS, realizando la disposición final en celdas transitorias y en el relleno sanitario “La Glorita” ubicado en el vecino Departamento de Risaralda, que se encuentra en la fase de cierre debido a que ya cumplió su periodo de vida útil.

Acorde con el informe de Caracterización ambiental presentado por la CVC el pasado mes de Junio del 2011 , los municipios de Cartago, Obando, Ulloa, Ansermanuevo y Toro, actualmente realizan la disposición de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario La Glorita de Pereira , capital del departamento vecino de Risaralda, con un aporte del orden de 118 ton/día; este relleno agotará su vida útil en el corto plazo, por lo que se hace necesario formular alternativas y definir el manejo y disposición final de residuos sólidos para estos municipios.

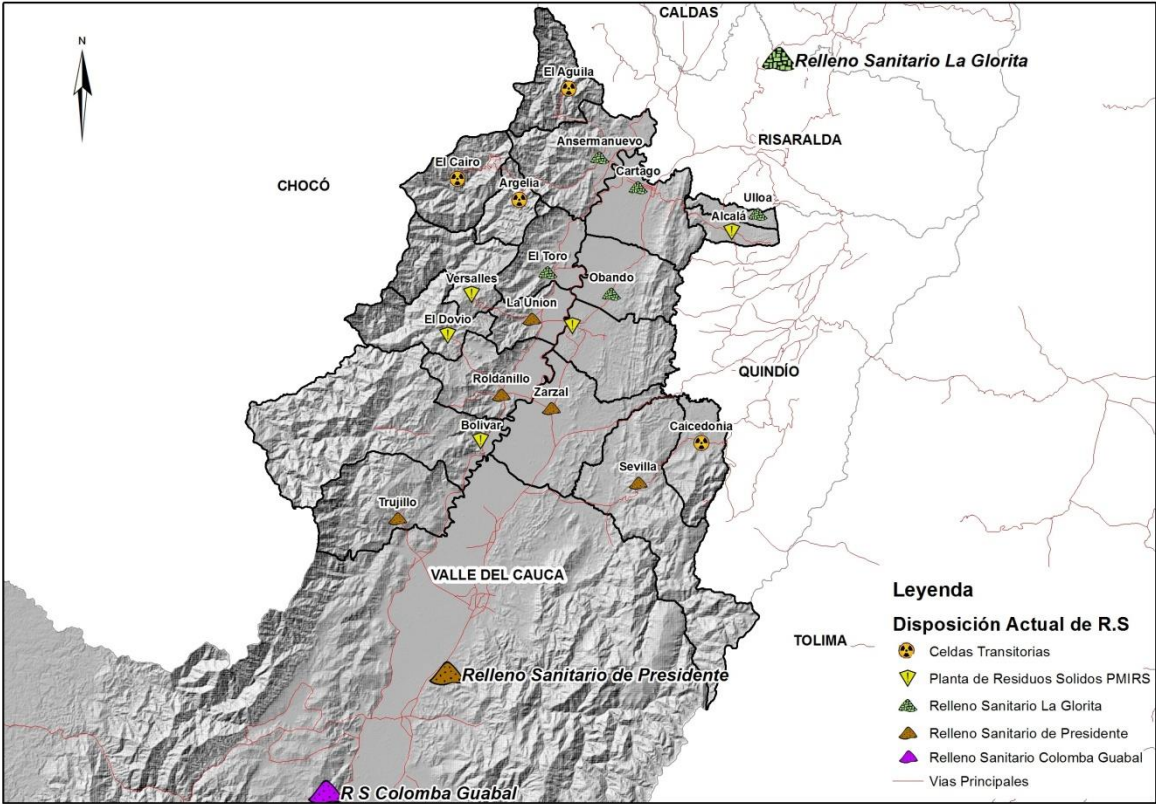
Los municipios de Argelia, El Cairo, el Águila y Caicedonia disponen sus residuos sólidos en celdas transitorias, las cuales legalmente sólo podrán funcionar siempre y cuando se haya cumplido con los requerimientos de la autoridad ambiental, en celdas legalizadas, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1529 de 2010 expedida por el MAVDT.

De otra parte la CVC está adelantando el proceso de cierre de la celda transitoria del municipio de Argelia. Para el municipio del Águila la CVC formuló el proyecto de diseño y construcción de una planta de manejo integral de los residuos sólidos, la que se encuentra en proceso de ejecución con algunas dificultades.

En la Tabla 7.1 se presenta el resumen de los prestadores del servicio de recolección y transporte en cada uno de los municipios del norte del Valle del Cauca y su respectivo sitio de manejo y/o disposición de los RSM. La Figura 2 muestra la ubicación de los sitios de tratamiento y disposición final de residuos en el Valle del Cauca.

Se considera que técnica, económica y ambientalmente los municipios que depositan en el RS La Glorita de Pereira, por su localización distante y condiciones de cierre del lugar, estarán en una situación crítica al momento de terminarse su vida útil.

Figura 2 . Ubicación de sitios de Tratamiento y Disposición Final



Fuente: Grupo RS Vallecaucana de Aguas

Tabla 7.1. Prestadores del servicio de aseo y sitio de disposición final

MUNICIPIO	PRESTADOR DEL SERVICIO DE ASEO	SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	DISTANCIA A CABECERA (Km.)
Alcalá	Aseo Alcalá S.A. E.S.P.	PMIRS Vereda Higuierón	2,5
Ansermanuevo	Municipio	R.S. La Glorita	50,5
Argelia	Municipio	C.T. Maracaibo	2
Bolívar	Municipio	PMIRS Plaza Vieja	2
Caicedonia	Servicios Públicos de Caicedonia	C.T. Jazmín	2,3
Cartago	Cartagüena de Aseo S.A. E.S.P.	R.S. La Glorita	36,5
El Águila	Municipio	C.T. La Guerra	3
El Cairo	Municipio	C.T. La Cancana	3
El Dovio	Municipio	PMIRS El Guadual	7
La Unión	Proactiva de Servicios	R.S. Presidente	81,5
La Victoria	Empresa de Servicios Varios de La Victoria S.A. E.S.P.	PMIRS Villa Rosalba	6
Obando	Aseo Obando S.A. E.S.P.	R.S. La Glorita	59,5
Roldanillo	Empresa Municipal de Aseo S.A.	PMIRS El Guachal	68
Sevilla	Empresa Pública de Aseo S.A. E.S.P.	R.S. Presidente	70,7
Toro		R.S. La Glorita	80,5
Trujillo	Municipio	R.S. Presidente	42,5
Ulloa	Servi Ulloa S.A. E.S.P.	R.S. La Glorita	68,8
Versalles	Camino Verde APC	PMIRS El Tambo	1
Zarzal	Proactiva de Servicios S.A. E.S.P.	R.S. Presidente	57,8

C.T.: Celda Transitoria; R.S.: Relleno Sanitario; PMIRS: Planta de Manejo de Residuos sólidos.

Fuente: Diagnostico Sinara

A partir de la información anterior se construyó la tabla 7.2. Donde se presenta, en resumen, las formas de manejo de los RSM en el Valle del Cauca.

Tabla 7.2. Manejo de los RSM en el Valle del Cauca

Forma de manejo de residuos sólidos	No. Municipios
Relleno sanitario	27
Celda transitoria	5
Planta de Manejo de Residuos Sólidos – PMRS	9

## 7.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO – OPERATIVO DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El diagnóstico actual en el departamento del Valle del Cauca en el tema de operación de la disposición final de residuos sólidos, es el siguiente:

- **Alcalá:** Cuenta con una planta de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS), no se opera técnicamente.
- **Ansermanuevo:** **1.** El antiguo botadero ya fue clausurado y sellado con el apoyo de la CVC. **2.** Se requiere definir nuevo sitio de disposición final considerando que la Glorita tiene una vida útil hasta el 2011, ubicado a 50,5 Kms.
- **Argelia:** **1.** No han realizado las actividades de clausura y restauración ambiental del antiguo botadero. **2.** Actualmente disponen en celda transitoria, adicionalmente se debe definir el nuevo sitio de disposición final antes del 29 de septiembre de 2011.
- **Bolívar:** Con el apoyo de la CVC actualmente se están realizando mejoras a la infraestructura de la planta de aprovechamiento de residuos sólidos con un micro-relleno, PMIRS.
- **Caicedonía:** **1.** No se ha realizado las actividades de clausura y restauración ambiental del antiguo botadero el cual opero hasta el año 2005. Cuenta con un diseño de clausura, sin embargo, ya se está desactualizado debido a la posterior disposición de residuos. **2.** Actualmente vierten en celda transitoria y según resolución 1529 de 2010 del MAVDT, en la celda transitoria deben realizar las actividades de cierre clausura y restauración ambiental, adicionalmente deben definir el nuevo sitio de disposición final antes del 29 de Septiembre de 2011.
- **Cartago:** Se requiere definir nuevo sitio de disposición final considerando que el Relleno Sanitario La Glorita de Pereira tienen una vida útil hasta el 2011.

- **El Águila:** **1.** El antiguo botadero fue clausurado con el apoyo de la CVC **2.** Actualmente disponen en celda transitoria y según la resolución 1529 de 2010 del MAVDT, en la celda transitoria deben realizar las actividades de cierre de clausura y restauración ambiental y definir el nuevo sitio de disposición final antes del 19 de Septiembre de 2011.
- **El Cairo:** **1.** El antiguo botadero fue clausurado y sellado con el apoyo de la CVC. **2.** Según resolución 1529 de 2010 del MAVDT, en la celda transitoria se deben realizar las actividades de cierre de clausura y restauración ambiental, adicionalmente deben definir el nuevo sitio de disposición final antes del 29 de Septiembre de 2011.
- **El Dóvito:** **1.** El Antiguo botadero fue clausurado y sellado con el apoyo de la CVC. **2.** Desde el 2006 el municipio cuenta con PMIRS construida con el apoyo de la CVC y operada por el municipio, la cual funciona de una manera inadecuada y deficiente.
- **La Unión:** Considerando la distancia a que se encuentra ubicado el municipio del relleno de Presidente (81.5 Kms) es necesario adelantar acciones que permitan disponer más cerca, buscando alguna opción de regionalización, que permita disponer en un sitio más cercano, que permita disminuir costos de transporte.
- **La Victoria:** **1.** El Antiguo botadero a cielo abierto fue clausurado con el apoyo de la CVC. En el año 2009 **2.** La PMIRS presenta un funcionamiento inadecuado y deficiente.
- **Obando:** **1.** El municipio elaboro un Plan de Cierre y Clausura del botadero a cielo abierto. La CVC reviso y ajusto el diseño y ejecuto las obras de clausura del botadero. **2.** Actualmente dispone en el relleno sanitario de la Glorita.
- **Palmira:** **1.** Se han implementado las actividades de clausura definitiva del antiguo vertedero municipal de coronado, entre ellos la señalización, instalación de ductos de gases, y construcción de pozos de monitoreo. **2.** Considerando la distancia a que se encuentra ubicado el Municipio del Relleno del Presidente (53.6 Kms.) es necesario adelantar acciones que permitan disponer más cerca, buscando alguna opción de regionalización, que permita disminuir costos de transporte.
- **Roldanillo:** **1.** Con el apoyo de la CVC se realizaron las obras de clausura del antiguo botadero. **2.** Según Resolución 1529 de 2010 el MAVDT en la celda transitoria deben realizar las actividades de clausura y restauración ambiental, se debe definir el nuevo sitio de disposición final antes del 29 de Septiembre de 2011. **3.** Considerando la distancia a que se encuentra ubicado el Municipio del relleno de Presidente (68 Kms) es necesario adelantar acciones que permitan disponer más cerca.

- **Sevilla:** **1.** Se deben realizar las actividades de clausura y restauración ambiental del antiguo botadero, que cuenta con diseño para sellado y clausura **2.** Considerando la distancia a que se encuentra ubicado el municipio de el relleno de Presidente (70.7 Kms.), es necesario adelantar acciones que permitan disponer más cerca o que merme los costos de transporte.
- **Toro:** **1.** El sitio de disposición de residuos sólidos operaba inadecuadamente por lo cual se requirió el cierre del botadero. La CVC apoyo la revisión y ajuste el diseño de clausura y posteriormente ejecuto las obras en el 2009. **2.** Desde el cierre del antiguo botadero hasta hace unos meses se realizó la disposición de residuos mediante celda transitoria que igualmente se debió cerrar por manejo inadecuado de la misma. El área en donde funcionaba la celda transitoria aún no ha sido clausurada por parte del municipio. **3.** Actualmente dispone de la Glorita.
- **Ulloa:** Se requiere definir nuevo sitio de disposición final teniendo en cuenta que el Relleno de la Glorita tiene una vida útil hasta el 2011.
- **Versalles:** Desde hace más de diez años en este municipio se realiza la separación de residuos en la fuente y la recolección selectiva, en el PMIRS se recuperan y se clasifican los residuos reciclables, la fracción orgánica es tratada mediante el proceso de compostaje y los desechos que nos son susceptibles de recuperar se disponen en el micro-relleno; los subproductos del reciclaje y compostaje son comercializados.
- **Zarzal:** Disposición final en el relleno “ La Glorita”
- Se observa que de las 7 PMIRS que funcionan en el Valle de Cauca 5 presentan problemas que conducen al deterioro ambiental.

## 7.2 OFERTA ACTUAL DEL SERVICIO

Como se explicó anteriormente, en el Departamento del Valle del Cauca existen dos rellenos sanitarios que cuentan con licencia ambiental y se encuentran en funcionamiento. Sus principales características son:

- Relleno Sanitario de Presidente, ubicado en el centro del Departamento del Valle del Cauca, a un kilómetro del corregimiento Presidente, en el municipio de San Pedro. Atiende tres ciudades intermedia, como son Palmira, Buga y Tuluá, y quince municipios pequeños a saber: Andalucía, Bugalagrande, La Unión, Guacarí, Ginebra, Calima – Darién, Trujillo, Roldanillo, Sevilla, San Pedro, Zarzal, Vijes, Riofrío, Pradera y el Cerrito, para un total de dieciocho (18) municipios.
- Relleno Sanitario Colomba - El Guabal, ubicado a 12 Kms. aproximadamente del municipio de Yotoco.

### 7.3 DEMANDA DEL SERVICIO EN LA ZONA DE ESTUDIO

El análisis del mercado del Relleno Regional del Norte del Valle del Cauca RSR – NVC es un intento básico por realizar una distinción y separación de las partes del mercado total de usuarios potenciales del servicio de disposición final de residuos sólidos en esta zona del Valle del Cauca, para llegar a conocer los principios o elementos de este. El mercado del Relleno Sanitario Regional del Norte del Valle del Cauca (RSR – NVC) es un mercado de servicios.

Los mercados de Servicio son aquellos mercados en los que se hacen transacciones de bienes de naturaleza intangible. Para el caso de los rellenos sanitarios este es un servicio de tratamiento y almacenamiento de residuos sólidos en forma permanente.

La densidad del mercado, para nuestro caso es la cantidad de usuarios de servicios de disposición final de residuos por kilómetro en el área determinada donde existen clientes potenciales para la oferta del mercado. Los usuarios en su mayoría serán las compañías prestadoras del servicio de aseo en la región, aunque el tamaño del mercado se ha calculado con los datos de población de las cabeceras municipales. Se definirá el mercado basándose en varios aspectos, pues dividir un mercado basándose solo en variables geográficas suele tener como resultado la creación de un segmento grande que es todavía muy heterogéneo para una mercadotecnia eficaz. Las variables de distancia al centroide de producción, facilidad de acceso y disponibilidad del servicio de disposición final o servicios sustitutos o alternos.

Por otro lado, pese a que el Valle del Cauca cuenta con dos sitios de disposición final regionales y uno de ellos se encuentra en el centro del departamento, la mayoría de los municipios del norte, dentro de su esquema administrativo y operativo no cuentan con recursos económicos para cubrir el transporte de sus residuos hasta el relleno sanitario; hacerlo implica considerar una aumento de las tarifas de aseo hasta unos montos que muchos de los usuarios no estarían en capacidad de cubrir.

La ciudad de Cartago y otros municipios vecinos como Toro y Ansermanuevo, transportan sus residuos hasta el relleno sanitario “La Glorita” ubicado en el Departamento de Risaralda, el cual hace dos (2) años alcanzó su capacidad máxima y por tanto es posible que en el corto plazo se suspenda la recepción de residuos sólidos provenientes de municipios ajenos a su jurisdicción; lo anterior llevaría a estos municipios a una emergencia sanitaria cuando no se cuente con una opción técnica-ambiental y económicamente viable para disponer adecuadamente sus residuos sólidos.

También se debe tener en cuenta que:

- La gran mayoría de los PGIRS del Valle del Cauca no definen las áreas potenciales de localización de PMIRS, estaciones de transferencia o rellenos sanitarios.



- Muchos de los entes territoriales ubicados en el norte del Valle del Cauca no cuentan aún con sitios potenciales definidos para realizar la disposición final de RS y la posterior inclusión dentro de sus instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT o EOT). Los sistemas de aprovechamiento existentes en su mayoría no son auto-sostenibles.
- La Tabla 7.3, nos muestra un panorama de la situación de la prestación de los servicios en los municipios que conforman la zona de estudio.

Tabla 7.3. Resumen de situación actual de los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

MODALIDAD	MUNICIPIO	SITUACIÓN ACTUAL	DIAGNOSTICO AMBIENTAL
Antiguos Botaderos	Argelia	No se ha realizado clausura, cierre y restauración ambiental	Crítico, teniendo en cuenta que se ocasiona un efecto ambiental negativo en el suelo, agua, aire y paisaje.
	Bolívar		
	Sevilla		
	Caicedonia		
PMIRS - Plantas de Manejo Integral de Residuos Solidos	La Victoria	No está funcionando adecuadamente	Crítico, hay afloramiento de lixiviados, el micro-relleno funciona como botadero a cielo abierto, se evidencia presencia de residuos hospitalarios, entre otros.
	Bolívar	Actualmente funciona como botadero a cielo abierto, sin embargo la CVC está realizando inversión en infraestructura.	Se ocasiona un efecto ambiental negativo en el suelo, agua, aire y paisaje.
	Alcalá	No está funcionando adecuadamente	Hay afloramiento de lixiviados en el patio de lombricultura, que descargan en una caja que descarga que deriva sin tratamiento un cuerpo de agua.
	Versalles	No está funcionando adecuadamente	Presencia de lixiviados
	El Dovio	No está funcionando adecuadamente	El impacto ambiental negativo es crítico, afloramiento de lixiviados, el micro-relleno funciona como botadero a cielo abierto. Hay riesgo de contaminación de ganadería en la zona por cuanto se evidencio presencia de reses
Celdas Transitorias	Argelia	Opera adecuadamente	
	Caicedonia	Vida útil finalizada	

## 8 METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO

La metodología utilizada dentro del estudio es la siguiente:

1. Recopilación de la información cartográfica secundaria y validación topológica de la misma.
2. Selección del método de trabajo (procesamiento de la información cartográfica)
3. Selección de los usuarios potenciales del futuro R.S.R – NDV.
4. Calculo del tamaño del proyecto
5. Reconocimiento y delimitación de la zona de estudio
6. Identificación y definición de criterios de selección y elaboración de matriz.
7. Macrozonificación
8. Microzonificación
9. Visitas de campo
10. Calificación y jerarquización de polígonos
11. Conclusiones y recomendaciones

El proyecto se inicia con el reconocimiento de la zona de estudio y definición de los usuarios potenciales del RSR - NDV mediante la información secundaria disponible en las diferentes fuentes, partiendo de las generalidades del Departamento del Valle del Cauca; se consultaron principalmente, los instrumentos de planeación regional y municipal como los planes de ordenamiento territorial POT, EOT, PBOT, los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS, etc. y la información disponible en varias de las instituciones del Sistema Nacional Ambiental SINA, como son el IDEAM, INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, INGEOMINAS, DAPN, etc. También se realizó una investigación bibliográfica sobre la aplicación de metodologías de selección de localizaciones de infraestructura de RS y sobre criterios de selección, además de la revisión de la normatividad aplicable al tema, haciendo énfasis en el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento – RAS 2000.

Con el objeto de conocer el tamaño del futuro RSR - NDC; se calcula la producción de residuos sólidos a partir de las proyecciones de población para un periodo de 30 años, dato necesario para garantizar una vida útil mínima del RSR – NDC; este cálculo se hace con base en datos del DANE (censo 2005).

También se delimitan las zonas de influencia de los rellenos sanitarios existentes en el Valle del Cauca y se determina el Centroides de producción de residuos sólidos

de los municipios que integran la lista depurada de los clientes potenciales del RSR – NDV.

Posteriormente se inicia el proceso denominado “ZONIFICACIÓN” dividido en dos (2) etapas que se diferencian por el tamaño del área a analizar y que son consecutivas; estas etapas se denominan *MACROZONIFICACIÓN* y *MICROZONIFICACIÓN*.

## **8.1 ETAPA DE MACROZONIFICACIÓN**

En esta etapa se realiza la identificación y ponderación de las variables y/o criterios, prohibiciones y restricciones que participaron en la caracterización y zonificación, evaluando cada uno y tomado en cuenta su importancia relativa frente a la temática total generándose así una primera matriz la cual en este estudio la llamaremos matriz de *Macro-zonificación* que permitió descartar aquellas áreas con poca o ninguna aptitud para cumplir los objetivos técnico - ambientales, sociales y económicos perseguidos por estudios propios de cualquier relleno sanitario regional y aislar aquellas zonas con una aptitud alta para ser evaluadas más a fondo en una segunda etapa de clasificación denominada *Microzonificación*. Para la generación de esta matriz se realizaron sesiones de trabajo conjuntas con el grupo interdisciplinario de profesionales que participaron en el proyecto donde se discutieron cada uno de los criterios de selección, su importancia y aplicabilidad al estudio. De este ejercicio se seleccionaron aquellos criterios que son aplicables al caso de selección de zonas y se adoptaron otros que se consideraron importantes de incluir. Toda la selección se basó en los lineamientos del Decreto 838 del 2005 del MAVDT, el RAS 2000 y la literatura disponible en la web sobre estos casos.

Posteriormente se procedió a la generación de las capas (una por criterio) para el área de estudio asociándoles los puntajes, para esto fue necesario la utilización de métodos de geoprocésamiento tales como, unión, buffer, clip, intersect, dissolve y álgebra de mapas que permitieron obtener el modelo de aptitud de la zona de estudio, el cual excluye todos los lugares donde podrían ocurrir los impactos ambientales más severos e identifica los lugares más apropiados para la ubicación de un relleno sanitario. Sobre este modelo y mediante el SIG, se aplican criterios más selectivos como factores de forma y el área (Capacidad) con el objetivo de obtener polígonos concretos.

## **8.2 ETAPA DE MICROZONIFICACIÓN**

En esta etapa se le realizan trabajos de fotointerpretación a los polígonos, con fotografías aéreas pancromáticas a escala 1/32000 suministradas por la CVC para luego realizar visitas de inspección. Las inspecciones de campo tienen los siguientes propósitos:

1. Observar cambios que pudieran haber ocurrido y actualizar la información disponible.
2. Verificar los datos y la información obtenida de las fuentes existentes durante la evaluación inicial del polígono.
3. Obtener información relacionada con los usos del suelo, impactos estéticos y ambientales potenciales y cualquier otro criterio de ubicación que no se hubiera podido obtener de fuentes previamente utilizadas.

Una vez realizadas las visitas a los polígonos se procede a la realización de una jerarquización de estas aéreas mediante una matriz más elaborada (Matriz de Microzonificación).

Los criterios de microzonificación, son los normatizados en el Decreto 838 del 2005 puesto que ya se cuenta con polígonos concretos para aplicar tales criterios; lo que no ocurría en la Microzonificación aquí también se obtienen resultados matemáticos que permiten Jerarquizar los polígonos, representados en números de orden de elegibilidad. Al igual que con los criterios de Microzonificación en esta matriz existen criterios que no aportan puntaje a los polígonos debido a que sus características son muy similares.

El resultado del estudio es una lista de polígonos factibles para la localización del RSR-NDV, ordenados jerárquicamente por su grado de factibilidad y sobre los cuales se deben realizar estudios posteriores más específicos de índole social, ambiental, político, financiero, institucional y comunitario, entre otros, que permitan obtener uno o varios predios adecuados para la implementación de un RSR que ofrezca el servicio de disposición final de RS al norte del Valle del Cauca.

## **8.3 MARCO CONCEPTUAL DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO**

Por medio de la implementación de metodologías cartográficas de análisis espacial y de evaluación multicriterio (E.M.C) y utilizando herramientas de software que brinda la tecnología S.I.G., se realiza la jerarquización de sitios potenciales para la ubicación de infraestructura para la transferencia y/o disposición final de residuos sólidos en el norte Del Valle del Cauca en el marco del P.D.A. para los municipios de Alcalá, Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Caicedonía, Cartago, El Águila, El Cairo,

El Dovio, La Unión, La Victoria, Obando, Roldanillo, Sevilla, Toro, Trujillo, Ulloa, Versailles y Zarzal .

La Evaluación Multicriterio E.M.C. Constituye uno de los procedimientos más importantes cuando la tecnología es utilizada como apoyo para la toma de decisiones locacionales y comprende un conjunto de procedimientos matemáticos y técnicas que permiten jerarquizar las diferentes soluciones espaciales basadas en la superposición de figuras. Desde este punto de vista el análisis comienza con la información base la cual actúa como variables en formato de capas o layers que sirven de criterios en el procedimiento de evaluación.

Existen tres tipos de criterios; aquellos que representan los valores de aptitud para cada variable y que al final, en el momento de la superposición de todas las capas aportaran positivamente a la puntuación total de cada zona y aquellos que confinan los estas zonas, al participar negativamente en la puntuación llamados *restricciones*. El tercer tipo de criterios actúa como mascara para el análisis extrayendo áreas, eliminándolas del análisis llamado *prohibiciones*. La siguiente Grafica muestra un esquema de la evaluación multicriterio.

Grafica 8.1. Esquema Conceptual Evaluación Multicriterio

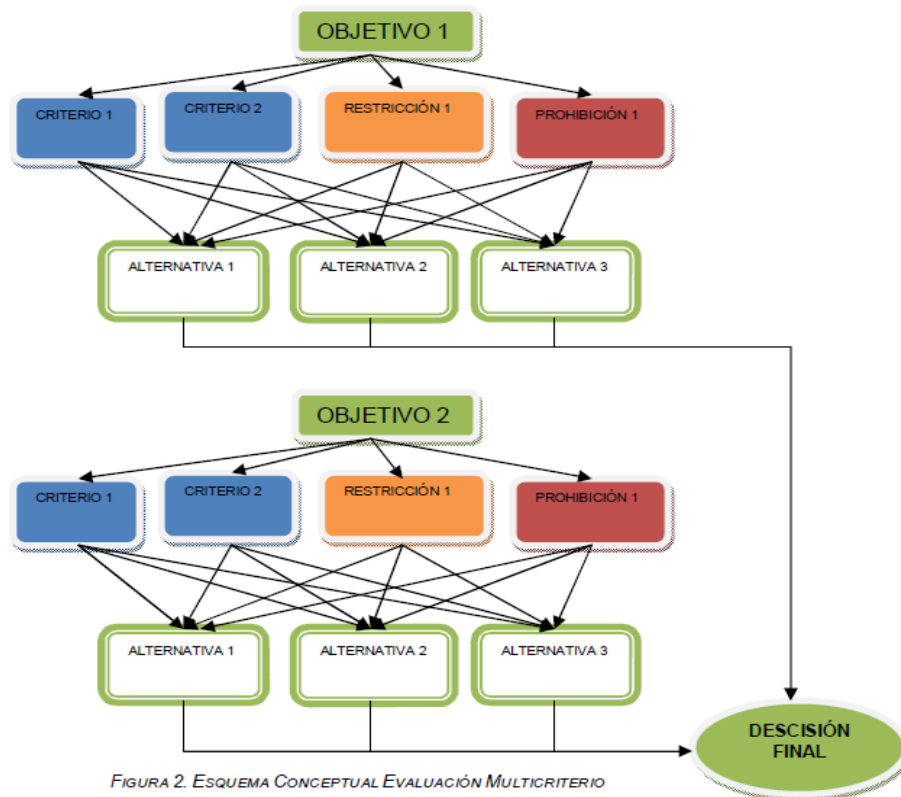


FIGURA 2. ESQUEMA CONCEPTUAL EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Fuente: Propia

Es importante aclarar que en el presente estudio no llegaremos a la toma de la decisión final de un sitio específico de para la ubicación de infraestructura para la transferencia y/o disposición final de residuos sólidos, si no a la jerarquización de las posibles alternativas de localización representadas en polígonos actos para la localización que pueden estar conformados por varios predios, ya que esta zonificación, no tiene en cuenta los límites prediales.

## **9 DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **9.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD NECESARIA PARA EL R.S.R DE TERRENO**

En el título F2 del RAS 2000 se especifican los métodos matemáticos a seguir para la proyección de la población en este tipo de proyecto. Los métodos utilizados fueron el Aritmético, Geométrico y Exponencial; de ellos se escogió para cada municipio en particular, la gráfica cuyo comportamiento guardaba similitud a través del tiempo con la información censa de los años anteriores (1964, 1973, 1985, 1993 y 2005).

En la

Tabla se resumen las proyecciones de población al año 2041, método seleccionado y capacidad obtenida. En el Anexo 3 se ofrece una información más detallada de los cálculos y se presentan los gráficos correspondientes a cada método.

#### **9.1.1 Producción Per Cápita – PPC**

Se asume un valor inicial medio de 0.53 kg/hab/día para la producción per cápita del Valle del Cauca para un nivel medio alto de complejidad y un incremento anual del 1% hasta llegar al 2041 a 0.71 Kg/hab/día.

#### **9.1.2 Determinación de la capacidad requerida del relleno sanitario regional**

En el Anexo 2 se encuentran los volúmenes de producción de cada municipio desde el año 2011 hasta el año 2041, basados en la población y PPC, ya descritos en capítulos anteriores.

El volumen necesario para la disposición final de la producción potencial de residuos, es un criterio base para la selección de la localización de la Infraestructura para la transferencia y/o disposición final de los residuos sólidos. La capacidad tiene directa relación con la producción de los residuos proyectados para disponer, población y su vida útil.

Se presume que todos los suelos en el área fuera de la cabecera (rural) son potencialmente factibles para la localización del Relleno Sanitario Regional desde el criterio de evaluación de densidad poblacional y por lo tanto el criterio no será de mucha relevancia.





Tabla 9.1. Proyecciones de población con capacidad y área de terreno requeridas

Municipio	Población			Método	Capacidad (m <sup>3</sup> )			Área (m <sup>2</sup> )		
	Total	Cabecera	Resto		Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total
El Cairo	7.795	3.508	4.287	G	26.087,44	31.884,65	57.972,08	5.217,49	6.376,93	11.594,42
Alcalá	6.995	5.036	1.959	G	45.061,32	17.523,85	62.585,16	9.012,26	3.504,77	12.517,03
Ansermanuevo	36.142	20.962	15.180	E	136.346,45	98.733,64	235.080,09	27.269,29	19.746,73	47.016,02
Argelia	5.082	2.592	2.490	E	21.345,45	20.508,37	41.853,82	4.269,09	4.101,67	8.370,76
Bolívar	7.808	1.874	5.934	G	17.084,97	54.102,39	71.187,36	3.416,99	10.820,48	14.237,47
Caicedonia	8.174	6.457	6.260	G	79.178,37	17.584,55	96.762,92	15.835,67	3.516,91	19.352,58
Cartago	117.221	114.877	2.344	G	815.087,76	16.634,44	831.722,20	163.017,55	3.326,89	166.344,44
El Águila	10.210	2.655	7.555	E	19.168,00	54.555,09	73.723,09	3.833,60	10.911,02	14.744,62
El Dóvio	11.306	6.444	4.862	E	48.924,91	36.908,26	85.833,17	9.784,98	7.381,65	17.166,63
La Unión	43.045	32.714	10.331	G	201.851,44	63.742,56	265.594,00	40.370,287	12.748,51	53.118,80
La Victoria	20.995	14.277	6.718	E	93.202,71	43.860,10	137.062,81	18.640,543	8.772,02	27.412,56
Obando	11.794	8.138	3.656	G	60.936,80	27.377,40	88.314,20	12.187,36	5.475,48	17.662,84
Roldanillo	36.523	25.566	10.957	E	182.673,42	78.288,61	260.962,03	36.534,684	15.657,72	52.192,41
Sevilla	35.886	26.556	9.330	E	217.405,00	76.385,54	293.790,55	43.481,00	15.277,11	58.758,11
Toro	15.640	9.228	6.412	E	67.514,44	46.916,81	114.431,25	13.502,89	9.383,36	22.886,25
Trujillo	14.387	5.755	8.632	G	44.153,05	66.229,57	110.382,62	8.830,61	13.245,91	22.076,52
Ulloa	3.083	1.295	1.788	G	11.186,91	15.448,59	26.635,50	2.237,38	3.089,72	5.327,10
Versalles	4.325	2.076	2.249	G	18.700,44	20.258,81	38.959,25	3.740,09	4.051,76	7.791,85
Zarzal	46.229	32.360	13.869	G	213.131,83	91.342,21	304.474,05	42.626,37	18.268,44	60.894,81
<b>TOTAL</b>	<b>464.274</b>	<b>339.461</b>	<b>124.813</b>	-	<b>2.319.041</b>	<b>878.285</b>	<b>3.197.326</b>	<b>463.808</b>	<b>175.657</b>	<b>639.465</b>

G: Método Geométrico; E: Método Exponencial

La cuantificación de los residuos producidos se realiza para un período de 30 años. Se calcula utilizando valores de producción Per-Cápita para un nivel de complejidad de la población medio-alto, iniciando con 0,53 kg/hab/día para el año 2011 y terminando para el año 2041 con un PPC de 0,71 kg/hab/día, habiendo considerado un incremento anual del 1%.

Proyectando la población de los municipios usuarios de acuerdo a los métodos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, teniendo como base los datos censales de los censos del DANE (1964, 1973, 1985, 1993 y 2005) (Ver Anexo 2)

Previendo una capacidad de área suficiente para la disposición de los residuos sólidos que satisfaga las necesidades a 30 años, se incluyó en el cálculo toda la población (Cabecera y Resto) guardando un margen de seguridad del 27% que corresponde a la población fuera del casco urbano. Pese a que el 58% de los municipios usuarios presentaron crecimiento poblacional decreciente. Sin embargo el margen de seguridad deja abierta la posibilidad a nuevos usuarios al futuro o a la prolongación de la vida útil del relleno.

El área total requerida a partir de los cálculos es de 83 Ha, la cual fue calculada con base en los volúmenes de residuos sólidos generados para cada municipio usuario potencial, tanto en la cabecera como en el resto de la extensión territorial, dichos volúmenes son el producto de las proyecciones proyectadas calculadas acorde con los métodos indicados en el RAS 2000, Sección II, Título F y la producción per cápita asumida también bajo los lineamientos del RAS 2000.

Una vez calculado el volumen total (3, 197, 326 m<sup>3</sup>) se asume una altura promedio de las celdas del relleno de 5 m, para el cálculo del área neta requerida, que resultó ser de 64 ha. Es importante anotar que se incluyó la población de cabecera y resto (asumiendo para las proyecciones de población, la distribución porcentual del último CENSO DANE 2005) y así garantizar la capacidad suficiente en el evento que lleguen todos los sectores en el futuro.

Adicionalmente para área de construcciones auxiliares, vías de acceso e internas, báscula, pozos de inspección de aguas subterráneas, vías y drenaje pluvial internos, caseta, instalaciones y servicios públicos y patio de máquinas se asumió como 30 % adicional del área calculada, como lo recomienda el Banco Mundial para un total de 83 Ha como capacidad requerida para la disposición final hasta completar la vida útil.

## **9.2 SELECCIÓN, CREACIÓN Y PONDERACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN ETAPA DE MACROZONIFICACIÓN**

Los criterios de selección y su ponderación son autoría del grupo de trabajo de residuos sólidos basados en la legislación colombiana y en la bibliografía encontrada para la selección de sitios para relleno sanitario. Se reitera que los criterios y calificaciones del decreto 838 del 2005 no son aplicables textualmente al

caso, ya que el estudio no evalúa predios disponibles, sino que identifica suelos con vocación para la actividad de relleno sanitario, denominados polígonos donde se pueda acceder a un uso favorable en predios propuestos como rellenos en un futuro.

Los criterios seleccionados son los siguientes:

Usos del suelo

- Distancia vías principales
- Pendiente del terreno
- Distancia perímetro urbano
- Distancia a cuerpos de agua
- Distancia a otros rellenos
- Centralidad de los focos de producción

Aunque se realizó una selección de criterios basados en la importancia que tienen durante la construcción operación de un relleno sanitario, no todos se calificaron debido a que no hacían un aporte de importancia durante la etapa de jerarquización, como por ejemplo, los criterios de clima, densidad poblacional, dirección de los vientos y precipitación ya que todos los polígonos contaban con características muy similares de dichos criterios y por lo tanto, puntuación también muy similar.

A continuación se muestra la matriz que contiene las variables involucradas en el estudio, su ponderación y los valores de reclasificación empleados para la asignación de los valores digitales *DN*.

Tabla 9.1. Matriz de variables ponderadas de macro-zonificación

	CRITERIOS	PUNTAJE	PESO
1	USO DEL SUELO	80	0.13
2	DISTANCIA V. PRINCIPALES	80	0.13
3	PENDIENTE TERRENO	40	0.07
4	DISTANCIA PERIMETRO URBANO	140	0.23
5	DISTANCIAS CUERPOS DE AGUA	60	0.10
6	DISTANCIA A OTROS RELLENOS	60	0.10
7	CENTRALIDAD DE LOS FOCOS DE PRODUCCION	80	0.13
8	EXISTENCIA DE RESTRICCIONES	60	0.10
	<b>Total</b>	<b>600</b>	<b>1.00</b>

Fuente: Grupo de residuos sólidos.

### 9.2.1 Cálculo del centroide de producción y ponderación de la centralidad de los focos de producción de residuos sólidos

Esta operación nos permite analizar la distribución espacial de las áreas urbanas de los municipios como principales centros de producción de residuos sólidos y dando como resultado el centro medio ponderado, el cual refleja el punto geográfico central para todos los municipios estudiados, tomando en cuenta su importancia en la

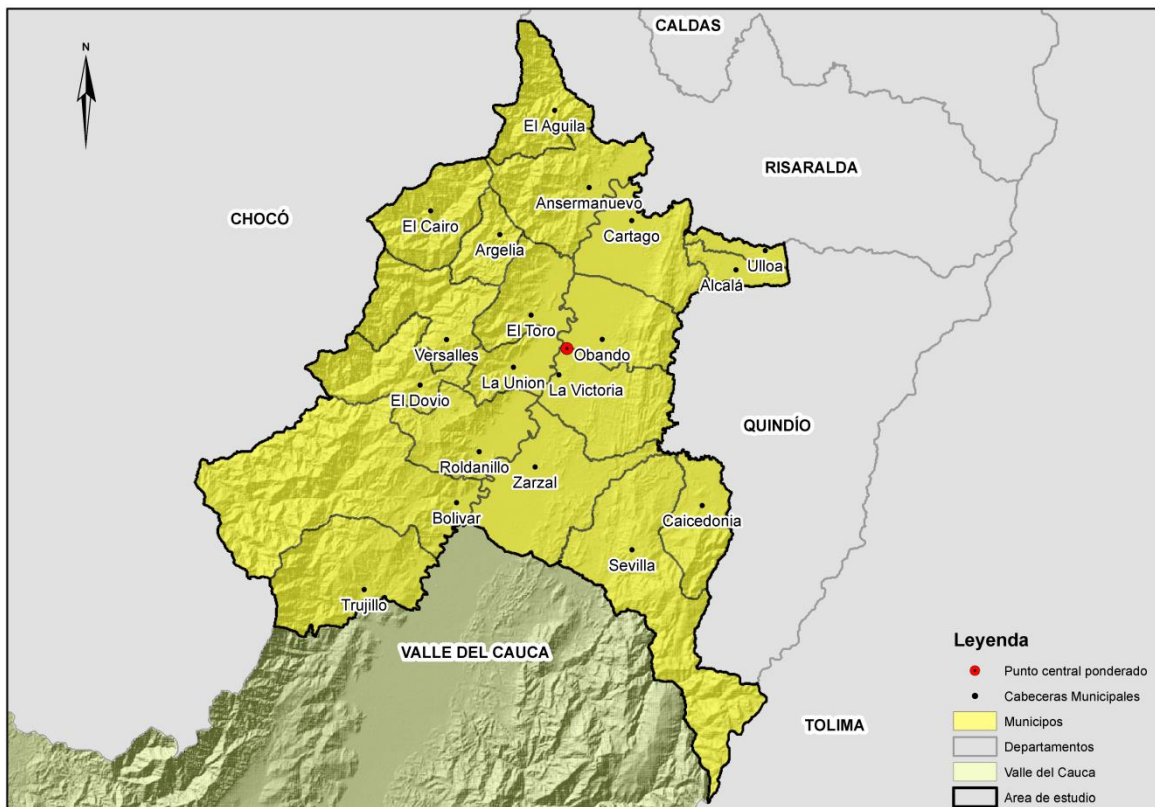
generación de residuos actuando esta como criterio activo en la ecuación de localización presentada a continuación:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} , Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

donde  $X_i$  e  $Y_i$  son los valores de las coordenadas para cada casco urbano,  $n$  la totalidad de cascos urbanos intervinientes,  $P_i$  es el peso o importancia de cada uno de los cascos urbanos directamente proporcional al volumen de residuos sólidos generados, volcando espacialmente el punto central hacia aquellas zonas urbanas con mayores volúmenes de residuos sólidos producidos.

Este criterio es de suma importancia a la hora de discriminar áreas potenciales para ubicación de infraestructura para transferencia y/o disposición final ya que las áreas lejanas de este punto estarán en franca contradicción con los criterios de eficiencia y justicia espacial. La Figura 3 muestra los resultados del cálculo del centroide de producción de residuos sólidos para el área de estudio.

Figura 3. Calculo del Centroide ponderado de producción de RS



Fuente: Propia

Para la ponderación de la medida de centralidad se tomó el *centroide* de las cabeceras al cual se le asignó el volumen total proyectado de residuos sólidos de cada municipio, con esta información se computo el punto central ponderado, cuyas coordenadas resultantes fueron N: 1116724.8 y E: 996295,6 ubicadas en el extremo noroccidental del municipio de La Victoria.

A este punto central se le realizaron múltiples áreas de influencia mediante la herramienta de geoprocésamiento *buffer* asignándole puntajes a cada uno de ellos, conforme a la tabla 9.8, de tal manera que las aéreas más cercanas al Centroides adquirieron un mayor valor de aptitud o puntaje; finalmente la capa vectorial resultante con geometría tipo polígono se rasterizó mediante la herramienta de ArcGis *Polygon to Raster*, obteniendo así la capa final de este criterio.

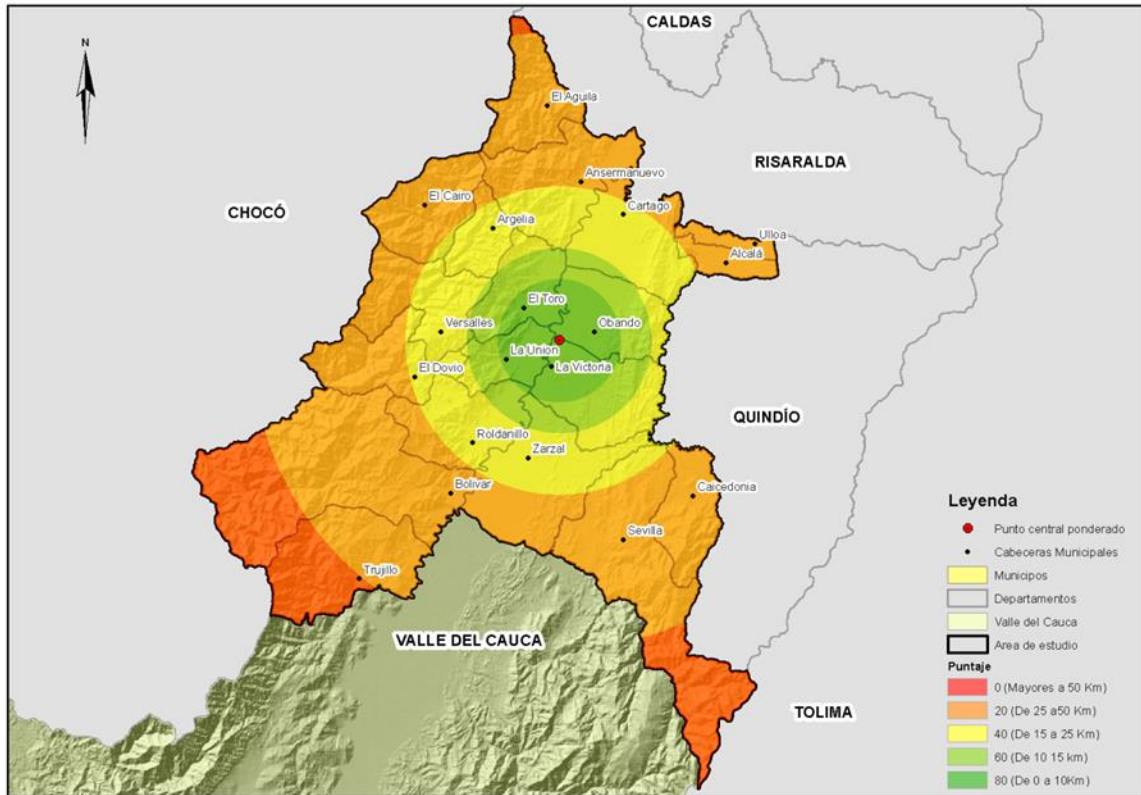
Tabla 9.8 Reclasificación de la centralidad de los focos de producción

Clase	Distancia	Puntaje
1	0 - 10 km	80
2	10 - 15 km	60
3	15 -25 km	40
4	25 - 50 km	20
5	Mayores a 50 Km	0

Fuente: Propia

La Figura 4 muestra el Raster resultante para el criterio de centralidad de focos de producción.

Figura 4. Centralidad de los focos de producción



Fuente: Propia

Este criterio es de suma importancia a la hora de discriminar áreas potenciales para ubicación de infraestructura para transferencia y/o disposición Final ya que las áreas lejanas de este punto estarán en franca contradicción con los criterios de eficiencia, economía y justicia espacial.

### 9.2.2 Pendiente del terreno

Para la construcción del figura de pendientes se utilizó imágenes satelitales confeccionadas por el sensor Aster de Japón llamado oficialmente: ASTER global digital elevation model V001. (ASTGTM), el cual está siendo publicado oficialmente en la Web, por el U.S. Geological Survey que posee una estructura de 16 bit y un tamaño de pixel de 30 metros.

La razón por la cual se utilizó estas imágenes para la representación del relieve es principalmente ofrecía una mejor precisión que la escala de cartografía base del IGAC con la que se contó (1:100.000) la cual nos ofrecía curvas de nivel con intervalos de 50 mts.

Con estas imágenes se realizó un mosaico el cual sirvió como insumo para generar el raster de pendientes en el software ArcGis mediante la herramienta *Slope* configurando las unidades de pendiente en porcentaje, seguidamente este se

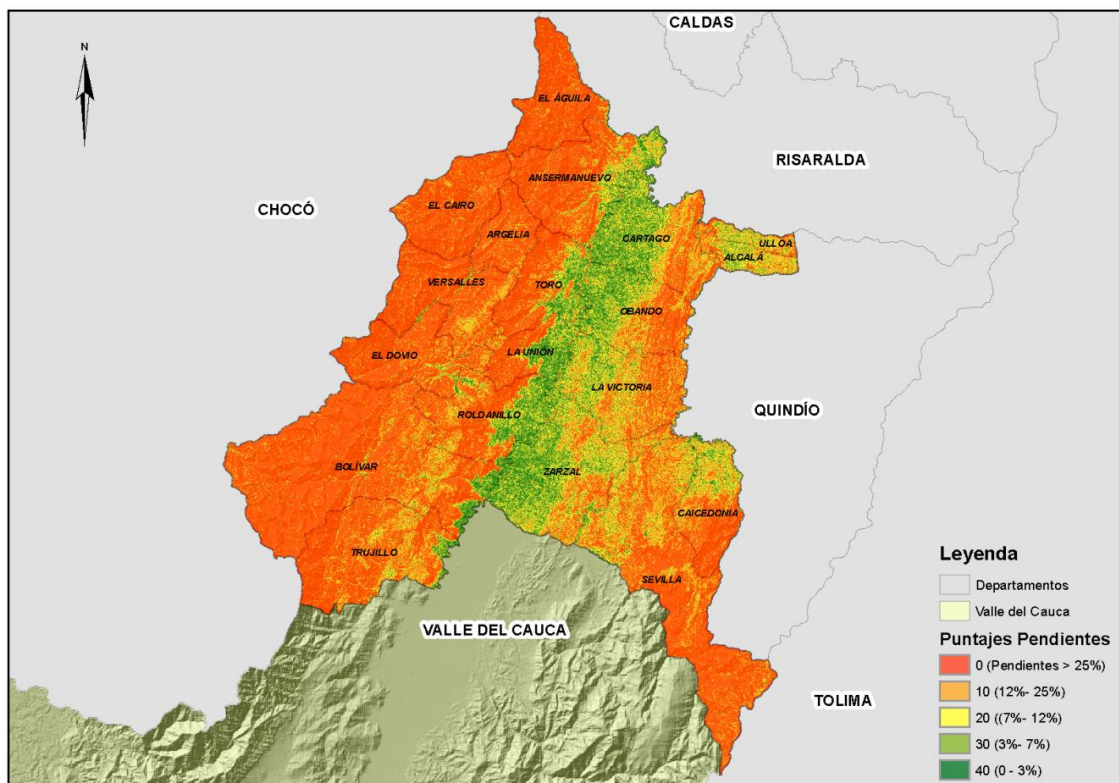
reclasifico en 4 clases mediante la herramienta *Reclassify* conforme a lo establecido en el Decreto 838 de 2005. La tabla No. 9.2 muestra la reclasificación de valores de pendientes y el Figura 5 muestra la ezquematzización de pendientes de la zona de estudio.

Tabla 9.2. Reclasificación valores de pendiente

Clase	Valor Pendientes (%)	Puntaje
1	0-3%	40
2	3-7%	30
2	7-12%	20
3	12-25%	10
4	mayores al 25%	0

Fuente: Grupo de residuos sólidos.

Figura 5. Figura de pendientes de la zona de estudio



Fuente: Propia

Este criterio está contenido en el artículo 5º, numeral 4º denominado: “Condiciones del suelo y topografía”, el cual determina las facilidades de construcción, operación y trabajabilidad, en el área donde se efectuará disposición final, mediante la tecnología de relleno sanitario.



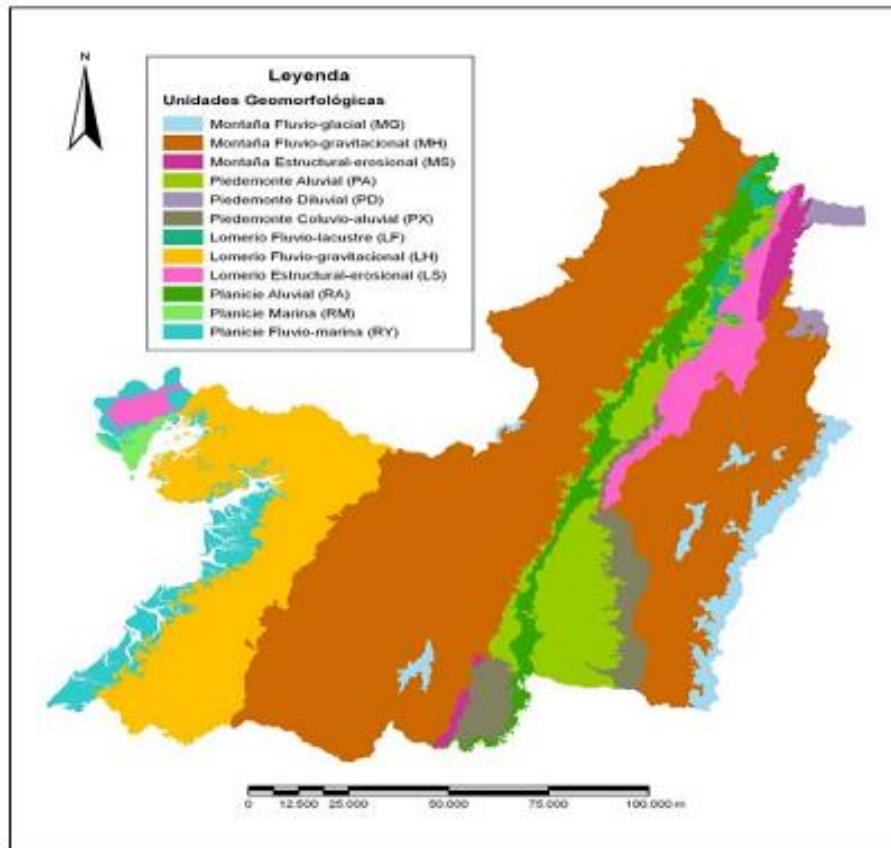
Como lo ilustra la tabla anterior, los rangos de pendiente que obtienen la mayor ponderación se encuentran entre 0.1% y 7%, lo que equivale a  $0,045^\circ$  a  $3.15^\circ$  con 40 puntos de valoración, seguido de  $3.15^\circ$  a  $5.24^\circ$  con 20 puntos de valoración.

Este tipo de pendientes se encuentran ampliamente distribuidas en las inmediaciones de Río Cauca, en toda el área de estudio, que conjugadas con los piedemontes de la cordillera central y occidental generan geoformas apropiadas del entorno para la localización de polígonos con potencialidad para la disposición de residuos sólidos, en la región norte del Valle del Cauca.

El modelo de pendientes es de suma importancia para la elaboración de la macrozonificación, ya que se excluiría grandes polígonos, logrando así disminuir notablemente las áreas de análisis.

Este criterio determina la facilidad de drenar aguas de forma natural y la accesibilidad a la infraestructura del sitio de disposición final, además de presentar menor susceptibilidad por movimientos en masa en pendientes menores; lógicamente, esta afirmación debe estar sustentada en una zonificación preliminar de la susceptibilidad por movimientos en masa, ya que en algunos caso se presentan geoformas aplanadas o poco onduladas producto de movimientos en masa antiguos o partes distales de abanicos, coluviones o deslizamientos con geoformas suaves.

Figura 6. Geomorfología del Valle del Cauca



Fuente: CVC

En la Figura 6 se encuentran las unidades geomorfológicas del departamento del Valle del Cauca; esta figura es un reflejo del entorno geológico estructural del área de estudio. Las unidades geomorfológicas de mayor interés para la localización de residuos sólidos son las planicies aluviales (RA), piedemonte aluvial (PA), ya que presentan geoformas semi-planas compuestas por sedimentos finos retrabajados; las unidades geomorfológicas que satisfacen las necesidades de mitigar o minimizar los impactos ambientales visuales que el relleno sanitario genera son las montañas fluvio-gravitacionales (MH) y el Lomerio Estructural- Erosional (LS), las cuales tiene formaciones superficiales en el piedemonte útiles para ser usadas como material de cobertura, además presentan restricciones al ser susceptibles a la generación de movimientos en masa, que fueron valoradas en la fase de micro-zonificación.

La unidad geomorfológica Planicie Marina y su respectiva litología, debe ser excluida del estudio, ya que esta unidad está conformada por rocas sedimentarias marinas que son muy susceptibles a la meteorización química; precisamente por procesos de dilución de carbonatos de calcio, generando esta situación fracturas abiertas y drenajes fantasmas, que aumentan drásticamente la permeabilidad efectiva de esta unidad litológica.

Como se expresa en los párrafos anteriores, existen variables que se pueden agrupar en la pendiente del terreno, como lo son la geomorfología y la geología local, procesos erosivos y están ligados a la génesis de las geoformas resultantes.

### **9.2.3 Facilidad para el movimiento de tierras**

Para definir este criterio y poderlo cuantificar, es necesario conocer a plenitud la litología presente en los polígonos resultado de la macro-zonificación; posteriormente se redefinen las unidades geológicas mediante fotointerpretación, para finalmente cartografiar las formaciones superficiales del área de estudio, basándose en estudios previos y visitas de campo.

Las formaciones superficiales definen la facilidad de la excavación; cuando se encuentren saprolitos o suelos residuales como formación superficial, se valorara este criterio con la máxima puntuación, ya que presentarían mucha facilidad para la excavación; caso contrario de las formaciones superficiales formadas por rocas no alteradas, las cuales son imposibles de excavar, requiriéndose para ello el uso de explosivos, asignándoles como puntuación= 0, por su alta dificultad para la excavación, este criterio será aplicado a la fase de microzonificación.

Las características de las formaciones superficiales deben ser correctamente caracterizadas y diferenciadas, ya que su tipo de meteorización y propiedades físicas, como porosidad, permeabilidad, fracturamiento, RQD (Rock Quality Designation) y químicas, como dilución, que son determinantes en la factibilidad de algún polígono apto para la disposición: lógicamente teniendo en cuenta la relación entre las unidades litológicas y el entorno estructural, que para esta zona tiene una estrecha influencia sobre los procesos morfo-dinámicos antiguos y recientes.

Posterior a la tipificación de las unidades litológicas, se determinara la formación superficial presente en las zonas potenciales, mediante fotointerpretación y

recorridos de campo, clasificándola como saprolito o suelo residual, rocas meteorizadas y roca no alterada.

Esta clasificación es muy útil en la aplicación del criterio calidad y distancia del material de cobertura; además las formaciones superficiales para el área de disposición final no deben ser permeables, ni compuestas por rocas no alteradas fracturada, ni rocas carbonatadas, ya que también presentan restricciones porque son susceptibles a la meteorización química a partir de procesos de dilución, este criterio se califica como se presenta en la Tabla 9.4.

Tabla 9.4 Valoración del criterio del movimiento de tierras

Movimiento de tierra	Puntaje
Muy Fácil	40
Fácil	32
Regular	20
Difícil	12
Imposible	0

Fuente: Decreto 838 de 2005

La facilidad para la excavación está condicionada por el tipo formación superficial; de esta forma, las excavaciones muy fáciles se desarrollan sobre saprolito o suelo residual; las excavaciones fáciles se desarrollan sobre horizontes de meteorización IC; las excavaciones de regular facilidad se dan sobre el horizonte de meteorización IIA; en el horizonte IIB la excavación es difícil; finalmente las excavaciones imposibles de realizar se desarrollarían sobre rocas no alteradas.

#### 9.2.4 Calidad y distancia del material de cobertura

La calidad de material de cobertura está íntimamente ligado al tipo de formación superficial cartografiada, lo cual debe hacerse bajo el criterio de calidad del material de cobertura, considerando suelos arenosos, arcillo-arenosos, limo-arenoso, arcilloso, limo-arcilloso y limoso, siendo este último se considera el de menor calidad para realizar la cobertura.

También se deben medir las distancias de estos suelos residuales al polígono potencial para la disposición de residuos sólidos, con el fin de cuantificarle su viabilidad, este análisis se llevara a cabo en la fase de micro-zonificación.

Este criterio es utilizado en la fase de micro- zonificación y se considera un insumo indispensable la cartografía de formaciones superficiales de los polígonos potenciales, ya que esta información contiene el estado de las litologías en superficie según su grado de meteorización, que según las condiciones geológico-estructurales, combinado con la intensidad de los agentes meteóricos, se podrían generar saprolitos o suelos residuales aptos según sus características físico-químicas para ser utilizados como material de cobertura.

El material de cobertura debe ser de tipo arenoso ya que estos permiten la aireación, drenaje de lixiviados hacia los filtros e instalación de chimeneas, este tipo de material se encuentra en los horizontes de meteorización de rocas terciarias. Es de tener en cuenta que los materiales impermeables son utilizados en el vaso del relleno y en el cierre de la celda para evitar infiltraciones de agua meteóricas.

Tabla 9.5. Valoración calidad del material de cobertura

Material de cobertura	Puntaje
Recebo granular	40
Arcilla arenosa	32
Limo arenoso	20
Arcilla	16
Limo arcilla	8
Limos	0

Fuente: Decreto 838 de 2005

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en material para su cobertura hasta donde sea posible. Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte

Tabla 9.6. Valoración de la distancia al sitio de obtención de material de cobertura

Distancia obtención material de cobertura (Km)	Puntaje
0 – 2,0	60
2,1 – 4,0	40
4,1 – 6,0	20
6,1 – 10,0	10
>10,0	80

Fuente: Decreto 838 de 2005

Estos criterios se consideraran en la fase de micro-zonificación.

### 9.2.5 Geoformas

La identificación de geoformas del área de estudio se realiza por medio de la lectura de los figuras geomorfológicos producidos por la CVC.

Las geoformas del terreno tanto del lugar de disposición como del entorno son de vital importancia en la selección del polígono para la localización del relleno sanitario. El lugar para la disposición final de residuos debe ser un poco inclinado

con el fin de contar con drenaje natural y rápido, además de fácil maniobrabilidad de la maquinaria pesada (bulldozer y retroexcavadora).y la geoforma del entorno, debe ser una zona quebrada y encajonada, que minimice los impactos negativos visuales; esta morfometría se encuentra en zonas de piedemonte, sobre las cuales se localiza la llanura aluvial del Rio Cauca.

Las unidades geomorfológicas que ofrecen la bondad de mitigar los impactos visuales por el desarrollo del proyecto, son las montañas fluvio-gravitacionales (MH) y el Lomerio Estructural- Erosional (LS), presentando ambas restricciones por la generación de movimientos en masa, que serán valorados en la fase de micro-zonificación.

Estas dos unidades geomorfológicas tienen las características de mayor valoración para las geoformas respecto al entorno (Ver Tabla 9.7), las cuales se presentan en piedemontes, sobre los cuales se disponen concordantemente rocas terciarias, que podrían servir de vaso del relleno.

Tabla 9.7. Valoración del criterio de Geoformas respecto al entorno

<b>Geoformas respecto de la zona</b>	<b>Puntaje</b>
Quebrada y encajonada	40
Ladera media parcialmente encajonada	32
Media ladera abierta	20
Plana y abierta	12

Fuente: Decreto 838 de 2005

Este criterio será aplicado en la fase de micro-zonificación.

### **9.2.6 Distancias a Cuerpos de agua**

Este criterio extraído y adoptado del Decreto 838 de 2005 establece la relación que tendrá el área en la que se efectuará la disposición final de residuos, respecto a las fuentes hídricas permanentes y superficiales naturales existentes en la zona, para lo cual se generaron múltiples buffers de tal manera que las aéreas más cercanas a estos obtengan un menor valor de aptitud o puntaje; finalmente se rasterizó esta cobertura obteniendo así la capa final criterio, basado en la siguiente tabla de reclasificación:

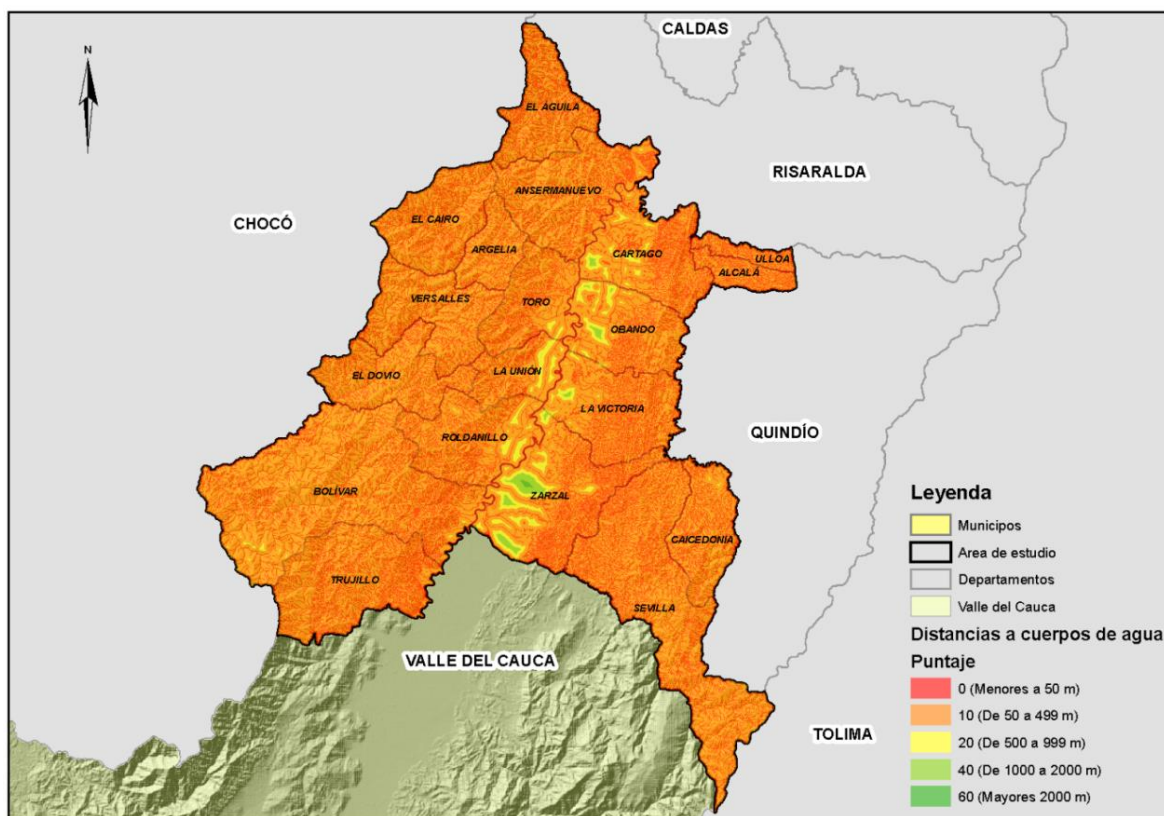
Tabla 9.9. Reclasificación distancia cuerpos de agua

Clase	Distancia (m)	Puntaje
1	Menor a 50 m	0
2	50 - 499 m	10
3	500 - 999 m	20
4	1000 - 2000 m	40
5	Mayores a 2000 m	60

Fuente: Propia

La Figura 7 muestra los resultados de la rasterización del criterio de distancia a cuerpos hídricos.

Figura 7. Distancia cuerpos de agua



Fuente: Propia

### 9.2.7 Distancia entre el perímetro urbano, respecto del área potencial para la disposición final de residuos sólidos

Este criterio adaptado en el Decreto 838 de 2005 tiene en cuenta los costos de transporte en que incurriría la persona prestadora del servicio público de aseo para llevar los residuos sólidos desde el perímetro urbano (incluida la zona de expansión urbana), al área potencial de ubicación de la disposición final de residuos sólidos, para lo cual se realizan buffers y se asignan puntajes, de tal manera que aquellas áreas del territorio más alejadas de las cabeceras urbanas de los municipios (principales centros de producción de residuos sólidos) obtuvieron un menor puntaje.

Para la construcción del Raster para este criterio se partió de los polígonos de los centros urbanos de los municipios (principales focos de producción de R.S), a los cuales mediante la herramienta *Buffer* se les construyeron áreas de influencia en función de las distancias presentadas en la tabla 9.10 y asignándole a cada una su respectivo puntaje, una vez obtenida la capa vectorial (polígonos) y previa validación topológica se rasterizó mediante la herramienta de ArcGis *Polygon to Raster*, obteniendo así la capa final de este criterio.

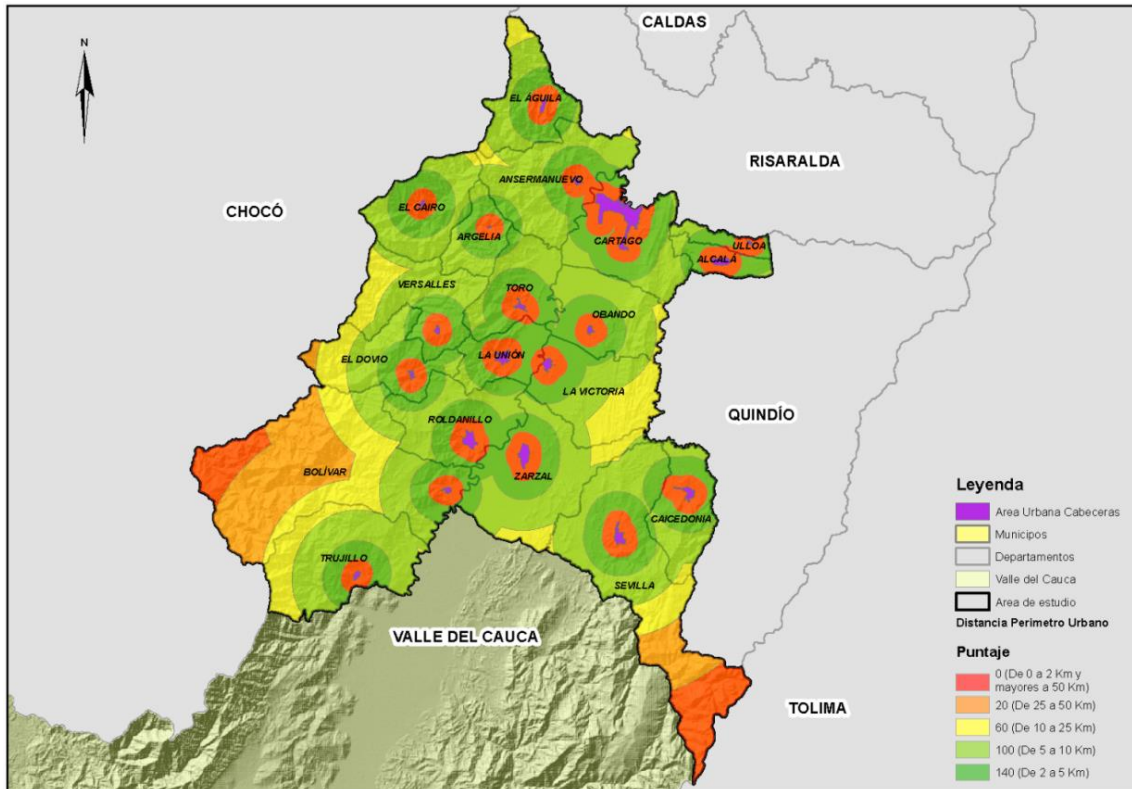
Tabla 9.10. Reclasificación de la distancia entre el perímetro urbano respecto del área potencial para la disposición final

Clase	Distancia (Km)	Puntaje
1	0 a 2 km	0
2	2 - 5 km	140
3	5 - 10 Km	100
4	10 - 25 Km	60
5	25 - 50 Km	20
6	Mayores a 50 Km	0

Fuente: Propia

La Figura 8 esquematiza los resultados de este contenido.

Figura 8. Distancia entre el perímetro urbano respecto del área potencial para la disposición final



Fuente: Propia

### 9.2.8 Uso del suelo

Para cuantificar este criterio se tomó como base la cobertura de uso de suelo en escala 1:250.000, suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C.) a la cual fue necesario realizarle la conversión de coordenadas al sistema de proyección del proyecto (Magna Sirgas Origen Oeste) ya que se encontraba en coordenadas geográficas, elipsoide de referencia WGS84.

Posteriormente se identificaron los usos actuales y potenciales del suelo presentes en el área de estudio para luego ser ponderados como se muestra en la tabla 9.11 y Figura 9, asignándoles puntajes proporcionalmente a su aptitud para la localización de rellenos sanitarios, es decir a mayor aptitud, mayor puntaje.

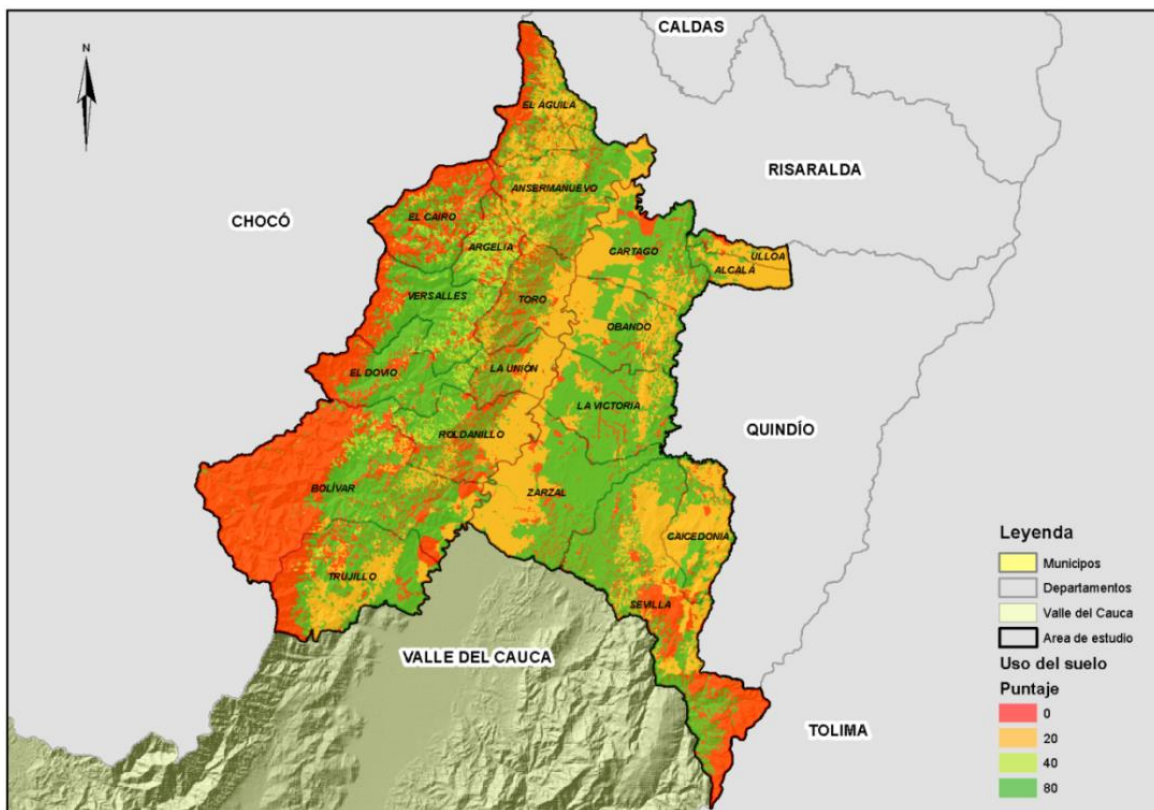


Tabla 9.11. Reclasificación uso del suelo

Clase	Código de Uso	Uso	Símbolo	Puntaje	Área (has)
1	01	Residencial	R	0	3416,45
2	02	Industrial y comercial	I	0	144,40
3	03	Servicios	S	0	21,94
4	05	Recreativo y turístico	RT	0	13,07
5	11	Forestal protector	FP	0	91469,30
6	12	Protección de la vegetación	PVN	0	31555,06
7	13	Recursos hidrobiológicos	RH	0	2299,73
8	06	Cultivos permanentes	CP	20	39774,25
9	07	Cultivos semipermanentes	CSP	20	59196,42
10	08	Cultivos transitorios	CT	20	22608,99
11	04	Minería	M	40	98,27
12	09	Cultivos mixtos	CMX	40	15046,97
13	10	Ganadería	G	80	204111,03

Fuente: Grupo R.S

Figura 9. Criterio de uso del suelo



Fuente: Propia

### 9.2.9 Distancia vías principales

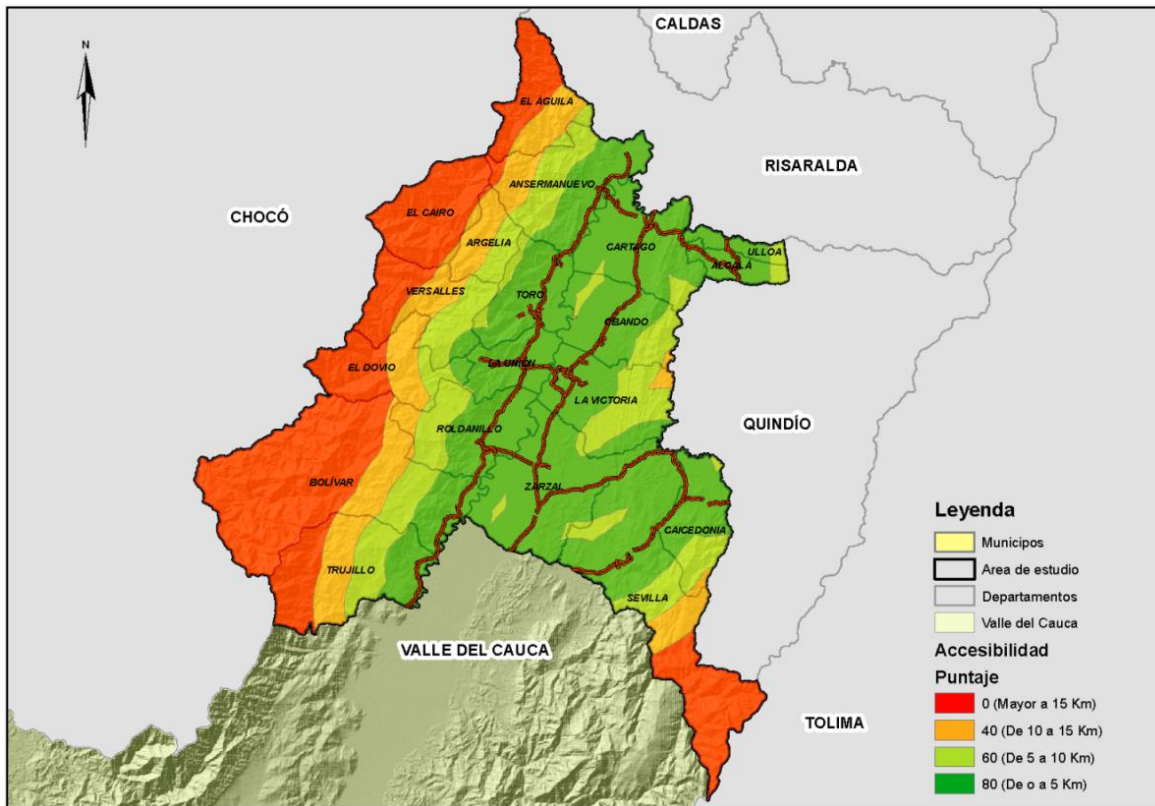
Este criterio corresponde a la facilidad y economía que la persona prestadora del servicio público de aseo en el componente de recolección y transporte, tiene para llevar los residuos sólidos al área en que se efectuará dicha disposición final; en esta etapa se cuantificaron las distancias a las vías principales, ponderando los valores de aptitud de tal forma que las partes del territorio que están más cercanas a las vías de primer orden (carreteras nacionales pavimentadas) obtuvieron un valor de aptitud o puntaje mayor como se muestra en la siguiente tabla de reclasificación:

Tabla 9.12. Reclasificación por accesibilidad vial

Clase	Distancia Vía Principal (Km)	Puntaje
1	0 – 5 Km	80
2	5 – 10 Km	60
3	10 – 15 Km	40
4	Mayor a 15 Km	0

Fuente: Propia

Figura 10. Criterio de distancia vías principales



Fuente: Propia

Es de resaltar la gran cantidad de vías con las que cuenta el área de estudio; por este motivo el análisis se realizó tomado como base los corredores viales más importantes de la región y que comunican la zona con el resto del país, constituidos principalmente por: las autopista Panorama o Ruta 23, la autopista Panamericana o Ruta 25, la Ruta 40 que comunica La Paila con Armenia, así como, la vía que conduce de Cartago a Armenia y a Pereira pasando por Alcalá. (Ver figura 10)

### 9.2.10 Distancia a otros rellenos sanitarios

Este criterio pretende priorizar aquellas áreas de la zona de estudio que se encuentran más alejadas de los rellenos sanitarios existentes, algunos de los cuales sirven actualmente como receptores de municipios objeto del estudio de acuerdo al diagnóstico realizado por la empresa Acuavalle S.A. E.S.P. Para la construcción de esta cobertura se procedió a realizar múltiples *buffers* a partir de los rellenos existentes con influencia en la zona de estudio con ponderaciones consignadas en la siguiente tabla:

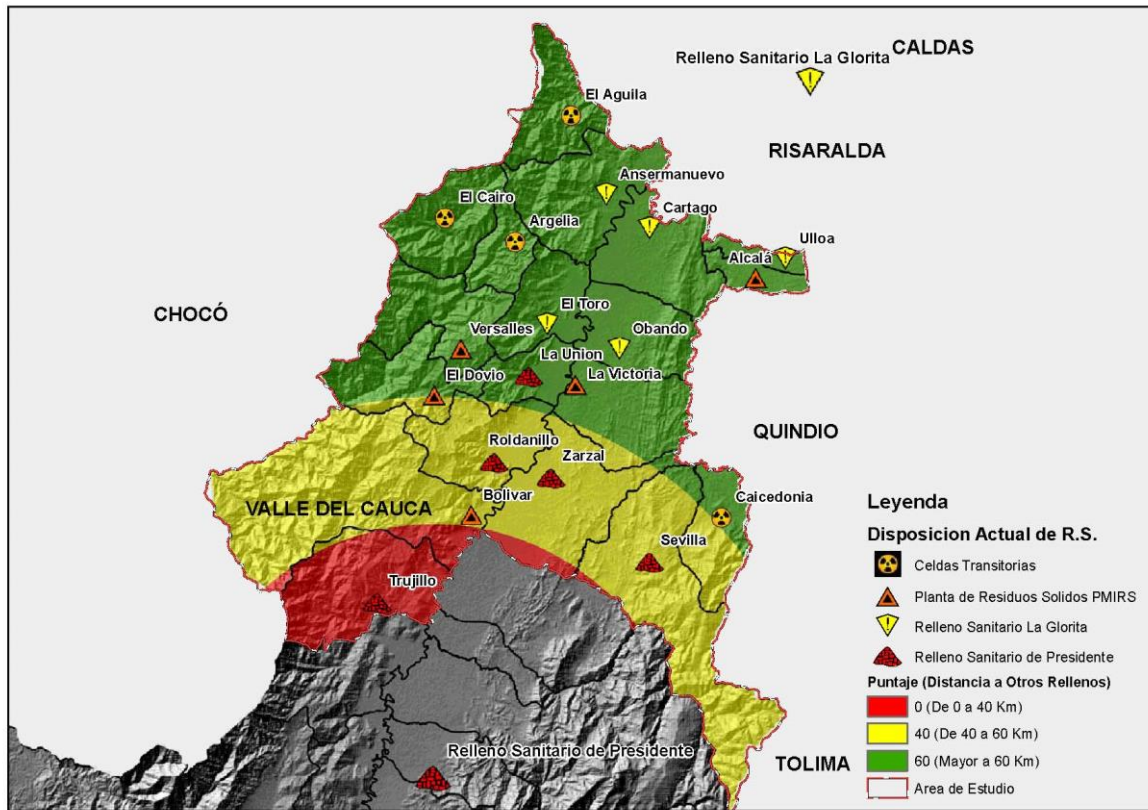
Tabla 9.13. Reclasificación de distancia a otros rellenos

Clase	Distancia a otros Rellenos Sanitarios (Km)	Puntaje
1	De 0 a 40 Km	0
2	De 40 a 60 Km	40
3	Mayores a 60 Km	60

Fuente: Grupo R.S

La Figura 11 muestra los resultados de ponderación de este criterio.

Figura 11. Distancia a otros rellenos sanitarios



Fuente: Propia

Los rellenos sanitarios que actualmente prestan servicio a los municipios estudiados son el Relleno Sanitario La Glorita ubicado en cercanías a la ciudad de Pereira (Risaralda) y el Relleno Sanitario de Presidente ubicado en el municipio de San Pedro (Valle del Cauca), los demás municipios del centro - norte del Valle disponen de celdas transitorias o plantas de residuos sólidos (PMIRS)

### 9.3 CRITERIOS APLICABLES NO PONDERADOS

Estos criterios adicionales fueron objeto de estudio mas no se ponderaron debido a que todos los polígonos presentaban las mismas condiciones.

#### 9.3.1 CAPACIDAD DEL TERRENO

El Decreto 838 de 2005 en el numeral 1 establece la valoración indicada para la capacidad del terreno donde se asigna un máximo puntaje de 200 a aquel sitio cuya capacidad alcance 1,5 veces el área requerida proyectada calculada. Con base en

la capacidad necesaria se seleccionarán o descartarán los polígonos que arroje el estudio de Macro zonificación.

Tabla 9.14 Ponderación de la capacidad

<b>RANGO DE CAPACIDAD</b>	<b>VALORACIÓN (Puntaje)</b>
C<=0.5 PR30	0
C>=1.5 PR30	200
C>0.5 PR30	0-200

Dónde: C= Capacidad

PR30 = Proyección del área a 30 años

### 9.3.2 DENSIDAD POBLACIONAL

Este criterio determina la posible afectación de la población ubicada en el área de influencia directa al área donde se ubicará la infraestructura para la transferencia y/o disposición final.

La densidad fue calculada para la cabecera y el resto (rural) para cada municipio usuario potencial; las áreas territoriales están soportadas con la cartografía del IGAC (Plano escala 1:100000). En los Anexos 1 y 2 están discriminadas las densidades por año y tipo de población.

Las densidades poblacionales oscilan en cabecera entre 22 hab./ha para el municipio del Águila, el más alejado en la parte Norte del Departamento del Valle del Cauca y 231 hab./Ha para el municipio de Argelia, cuya extensión territorial en la parte urbana es la más pequeña. En el resto de la extensión territorial para todos los municipios usuarios, la densidad encontrada es inferior a un habitante por hectárea (1 hab/ha).

La valoración del criterio se resume en la siguiente

Tabla extraída del Decreto 838 de 2005; sin embargo se anota que sin conocer los posibles polígonos donde se ubicará la infraestructura para la disposición de los residuos no se puede ponderar el área de influencia.

Tabla 9.15. Ponderación por densidad poblacional

<b>DENSIDAD POBLACIONAL (hab/Ha)</b>	<b>VALORACIÓN (Puntaje)</b>
0-2	40
2.1- 5	20
>5	0

Las densidades comprendidas entre cero (0) y dos (2) hab./Ha son valores que favorecen en la selección del polígono para la ubicación de la infraestructura.

### 9.3.3 CLIMA

El clima se evaluará acorde con lo establecido por el IGAC-CVC, 2004 como se presenta en la

Tabla 9.16. El clima lo define: La altitud, temperatura, brillo solar y pluviosidad. La valoración para la ponderación del clima se establece por parte del grupo interdisciplinario de Vallecaucana de Aguas S.A E.S.P de manera independiente ya que el Decreto 838 del 2005 no contempla este parámetro.

La selección de la información Hidro-climatológica de los municipios involucrados está basada en la información existente de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, en su Boletín Hidro-climatológico 2009, que recopila la información desde el año 1973 al 2009.

Tabla 9.16. Ponderación del clima

PISO TÉRMICO	VALORACIÓN (Puntaje)
Cálido muy seco	80
Cálido seco	40
Cálido húmedo	10
Cálido muy húmedo	0
Medio seco	70
Medio húmedo	30
Medio muy húmedo	10
Frio Seco	60
Frio húmedo	20
Frio muy húmedo	10

Fuente: Propia

Para la evaluación del clima en el área de influencia del polígono una vez se haya determinado, se tendrá en cuenta la información consignada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

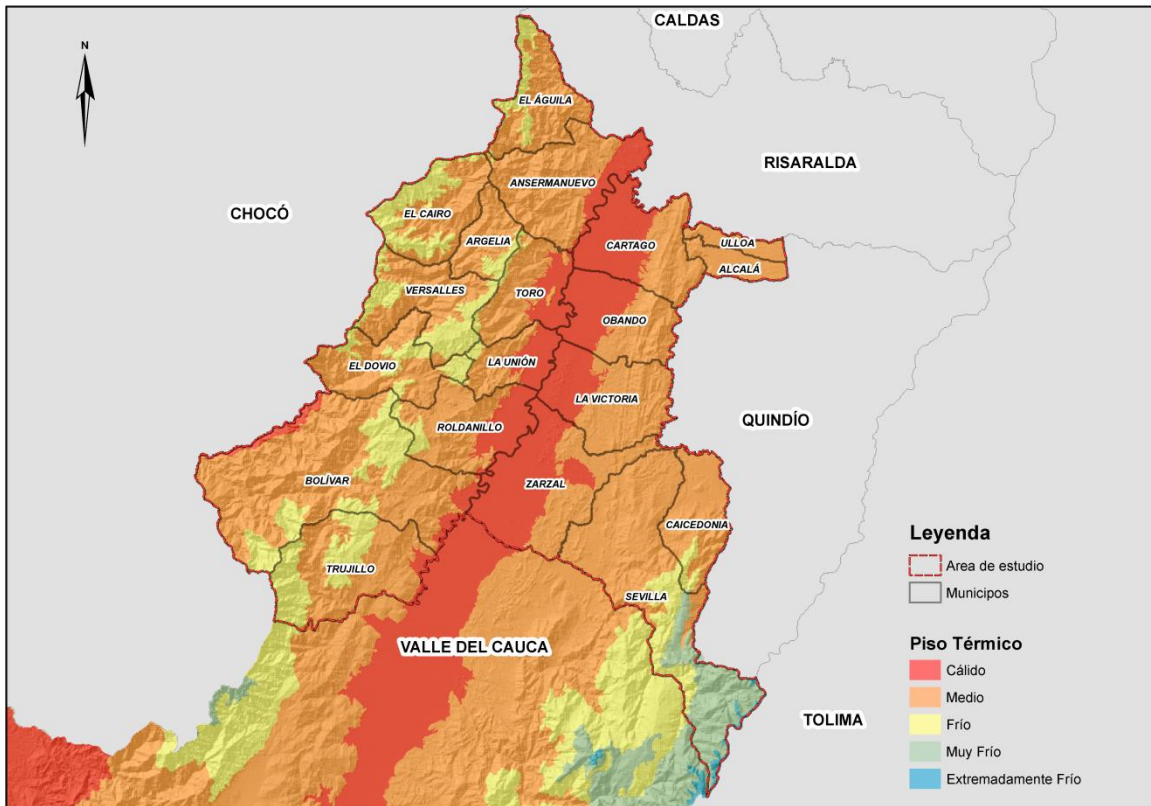
Tabla 9.17. Clima ambiental para el valle del cauca

Piso térmico	Provincia de Humedad (mm/año)	Clasificación Koeppen
<b>Cálidos (0 - 1000 msnm)</b> <b>T: &gt; 24 °C H Relativa. 70 a</b> <b>90% Brillo solar 65 a</b>	Muy seco (500–1.000)	Tropical lluvioso de sabana
	Seco (1.000–2.000)	Tropical lluvioso de sabana
	Húmedo (2.000–4.000)	Tropical lluvioso de bosque
	Muy húmedo (4.000–8.000)	Tropical lluvioso de selva

<b>200 horas/mes</b>		
<b>Medio (1000–2000msnm)</b> <b>T: 18°C y 24 °C</b> <b>H Relativa. 75 a 92%</b> <b>Brillo</b> <b>solar 60 a 170 hora/mes</b>	Seco (500 – 1.000)	Tropical lluvioso de sabana
	Húmedo (1.000 – 2.000)	Tropical lluvioso de bosque
	Muy húmedo (2.000–4.000)	Tropical lluvioso de selva
<b>Fríos (2.000 – 3.000 msnm)</b> <b>T: 12°C y 18°C H</b> <b>Relativa. 80 a 90% Brillo</b> <b>solar 35 a 72 hora/mes</b>	Seco (500 – 1.000)	Templado húmedo de invierno seco
	Húmedo (1.000–2.000)	Templado húmedo de verano seco
	Muy húmedo (2.000–4.000)	Templado húmedo con lluvias de moderada intensidad
	Pluvial > 4.000	Templado húmedo con lluvias de moderada intensidad
<b>Muy fríos (3.000 – 3.600 msnm)</b> <b>T: 8°C y 12°C</b> <b>H Relativa. 85%</b>	Húmedo (500 – 2.000)	Templado húmedo con lluvias de moderada intensidad
	Muy húmedo (500 – 2.000)	Templado húmedo con lluvias de moderada intensidad
	Pluvial (> 2.000)	Templado húmedo con lluvias de moderada intensidad
<b>Extremadamente fríos(3.600 – 4.200 msnm)</b> <b>T:4°C y 8°C</b>	Húmedo (500–2.000)	Frío de alta montaña
	Muy húmedo (500–2.000)	Frío de alta montaña
	Pluvial (> 2.000)	Frío de alta montaña

Fuente: CVC, 2006

Figura 12. Pisos térmicos



Fuente: Propia

### 9.3.4 PLUVIOMETRÍA

Es una variable establecida adicionalmente a las presentadas por el Decreto 838 de 2005, dentro del Grupo Interdisciplinario de Profesionales de Vallecaucana de Aguas S.A E.S.P y su ponderación se evaluará al momento de la ubicación del polígono con base en los registros de las estaciones pluviométricas de la zona en estudio, con datos extraídos del Boletín Climatológico 2009 de la CVC, teniendo en cuenta:

- La precipitación media mensual multianual en el mes más lluvioso durante el período comprendido entre 1982 y 2009 para el área en estudio.
- Estaciones pluviométricas en funcionamiento, Nivel máximo, medio, caudal máximo y medio mensual multianual mes de máxima pluviosidad al paso del río Cauca en los municipios de Bolívar y Zarzal reportados en las Estaciones Hidrométricas existentes.
- Precipitación Promedio mensual multianual.
- Estaciones climatológicas en el área de influencia de los polígonos. Aunque este criterio reviste mucha importancia en los proyectos de RSR, se pudo observar que el valor no cambiaba mucho para el área de estudio y por tanto no se pondero ni califico.



### 9.3.5 DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

Este criterio determina la incidencia que puede tener la dirección de los vientos con respecto al perímetro urbano del área de influencia; la información de la Rosa de los Vientos para los municipios usuarios no fue proporcionada a tiempo aunque fue solicitada a la Áerocivil o a Cenicaña.

El sentido de los vientos en lo posible debe ser contrario al casco urbano, con el fin de evitar posibles malos olores y por consiguiente conflictos con la comunidad. Sin embargo, este criterio no es excluyente ya que un sitio de transferencia o disposición final bien operado no genera grandes impactos al aire. Desde la selección de la localización se pueden tomar medidas para la mitigación de los impactos contaminantes por olores hasta las zonas pobladas

Conocidas las posibles áreas de localización para la infraestructura de disposición y/o transferencia de los residuos sólidos de los 19 municipios usuarios potenciales, se evalúa la influencia que tiene la dirección del viento cada polígono con respecto al casco urbano más cercano. El Decreto 838 de 2005 en el numeral 10 establece la valoración presentada en la Tabla 9.19.

Tabla 9.19. Ponderación dirección de los vientos

DIRECCIÓN DEL VIENTO	VALORACIÓN (Puntaje)
Contraria al casco urbano	40
En sentido al casco urbano	0

### 9.4 PROHIBICIONES

Con la finalidad de reducir el riesgo de seleccionar áreas que sean inadecuadas para el establecimiento de un RSR, se elaboraron capas con las prohibiciones evaluadas y definidas según criterios ambientales, incorporadas en el componente legal del proyecto y otras que fueron incorporadas por el grupo de trabajo como tal. Estas variables son de tipo excluyente, por tal motivo fueron las primeras en ser mapeadas arrojando como resultado, que aproximadamente el 66% del área de estudio no es apta para la localización de un relleno sanitario debido a que posee prohibiciones de algún tipo.

La evaluación de las prohibiciones se realizó con base en la superposición de las capas de los criterios de distancia a cuerpos superficiales de agua, centros urbanos, geología, interferencia con parques naturales y áreas de protección y resguardos indígenas. Teniendo en cuenta lo siguiente:

- Una ronda de protección de 30 m de lechos permanentes y estacionales de ríos y quebradas.
- Presencia de fuentes subterráneas, Zonas de recarga de acuíferos
- Presencia de hábitats naturales críticos
- Áreas con fallas geológicas
- Áreas de parques Nacionales Naturales.
- Distancia a fuentes de abastecimiento de agua potable
- Distancia a asentamientos humanos

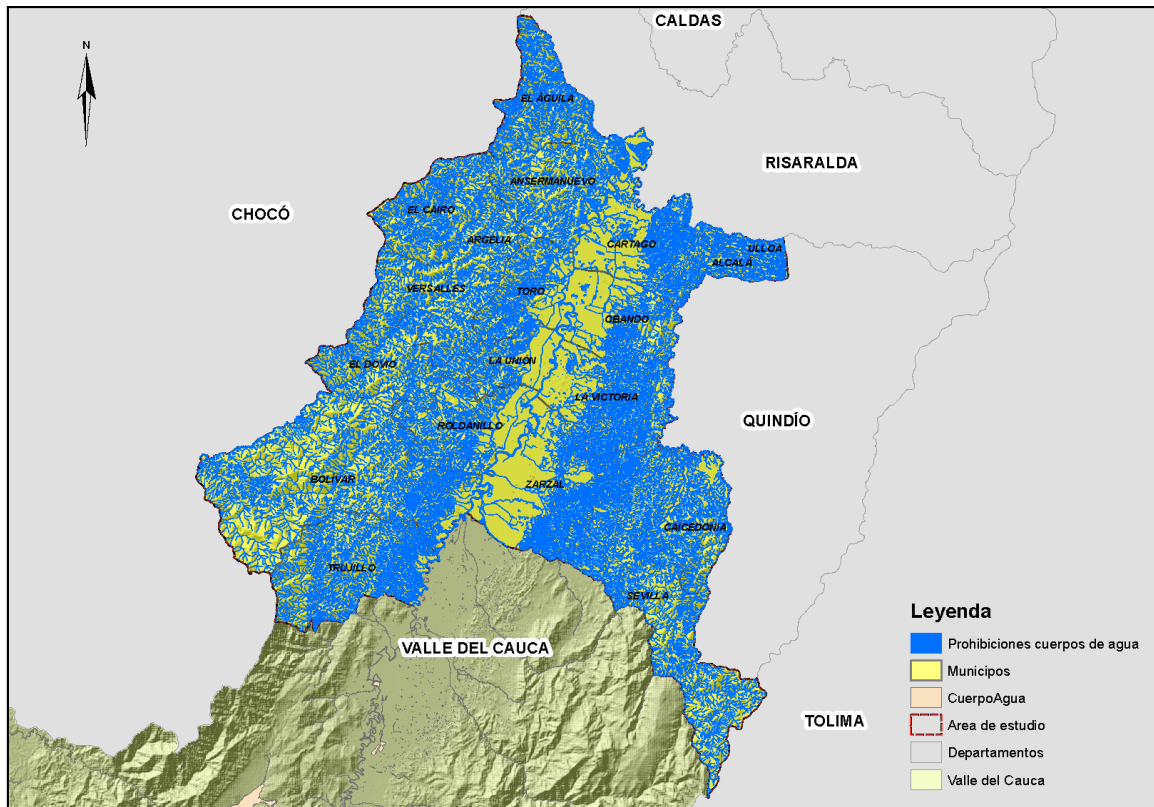
**9.4.1 Ronda de protección de 30 m de lechos permanentes y estacionales de ríos y quebradas, Madres viejas, terrenos sujetos a inundación y humedales.**

Para este ítem se procedió a ejecutar un *buffer* de treinta (30) metros a estos elementos, generando una capa para el análisis. Otro criterio fundamental incluido en el Decreto 838 del 2005 son los sitios de pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, 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.

Debido a que no se obtuvo información para la ubicación exacta de las capitaciones de agua potable para consumo humano aunque se solicitó a CVC y a Acuavalle S.A E.S.P se tomó como prohibición por este concepto el Embalse de Guacas ubicado al oriente del Municipio de Bolívar.

La Figura 13 esquematiza las zonas prohibidas por cuerpos de aguas.

Figura 13. Prohibiciones de Cuerpos de Agua



Fuente: Propia

#### 9.4.2 Zonas de recarga de acuíferos y acuíferos con extrema vulnerabilidad a la contaminación

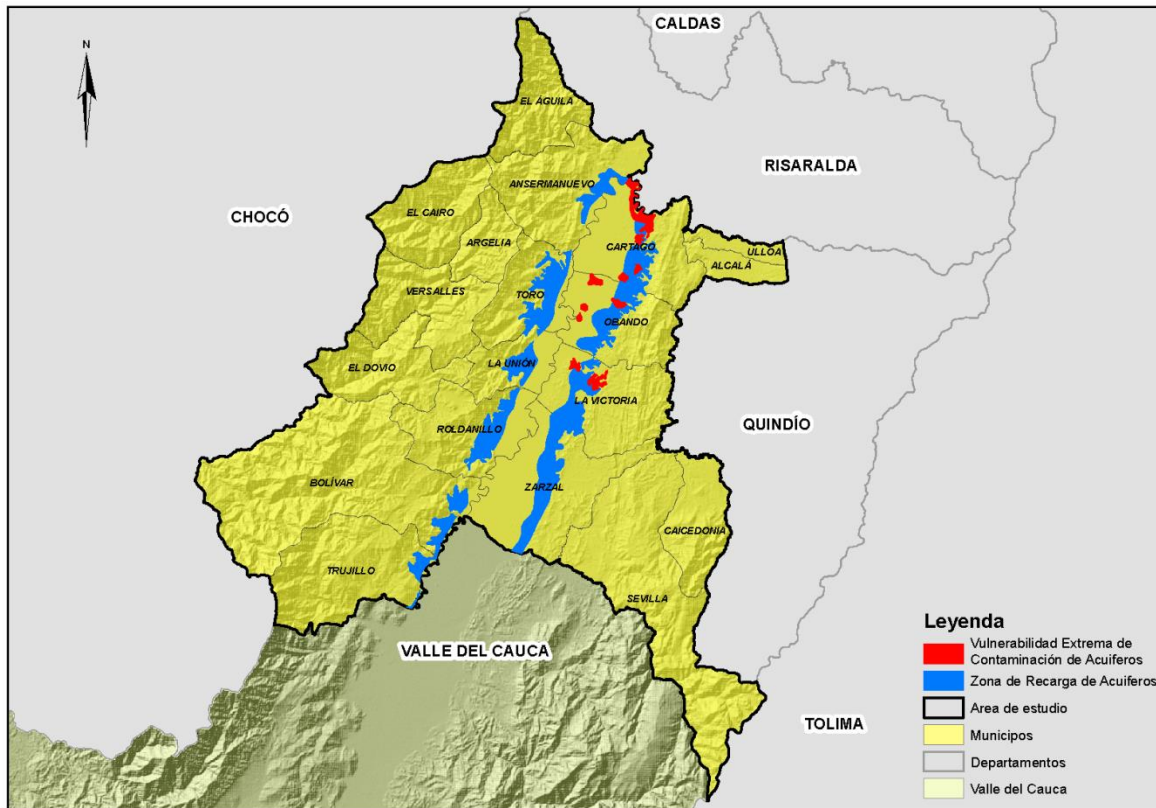
Basados en el estudio: “Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el Valle del Cauca”, de la C.V.C., se extrajo la información cartográfica referente a las zonas de recarga de acuíferos para generar una capa que estable como una prohibición el Decreto 838 de 2005.

Este estudio, *define cinco (5) rangos de vulnerabilidad* a la contaminación, desde vulnerabilidad nula hasta Extrema vulnerabilidad, donde se establece que por ningún motivo de debe alojar infraestructura de transferencia y/o disposición de residuos sólidos. Con base en lo anterior se determinó como prohibición los acuíferos encontrados en el rango de vulnerabilidad extrema a la contaminación.

Se generó una capa que alberga estos dos (2) criterios excluyentes o prohibiciones para posteriormente ser compilados o integrados en una sola capa junto con las demás prohibiciones.

La Figura 14 muestra los resultados de aplicación de la capa con alta vulnerabilidad.

Figura 14. Zonas de Recarga de acuíferos y acuíferos con extrema vulnerabilidad a la contaminación



Fuente: Propia

### 9.4.3 Parques Nacionales Naturales y áreas de Manejo Especial

A través del documento final Orden de Servicios No 1214 de 2006 de la Dirección Técnica de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. Se obtuvo la información de las áreas de protección del Norte del Departamento del Valle del Cauca identificadas en las mesas locales del Sistema Departamental de Áreas Protegidas en el Departamento – SIDAP 2006. Información que permite descartar las zonas de áreas protegidas para la ubicación del sitio de disposición final.

Tabla 9.20. Lista de Parques Nacionales Naturales y Áreas de Manejo Especial

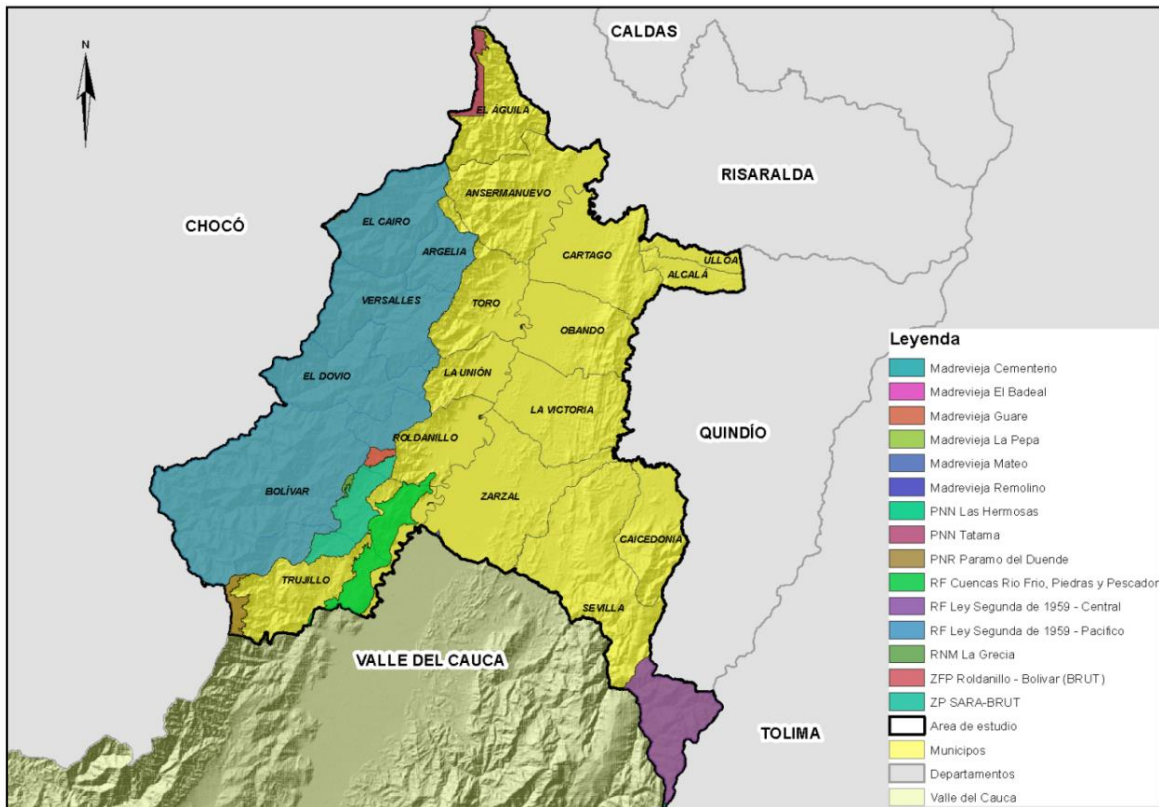
ITEM	CATEGORIA	NOMBRE	INSTRUMENTO LEGAL	AREA (Has.)
1	Parque Nacional Natural	PNN Tatama	Acuerdos INDERENA Nos. 45 de 20/09/1986, 30 de 05/05/1987. Resolucion Minagricultura No. 190 de 19/10/1987	2205.71
2	Reserva Forestal Nacional (C y P)	RF Ley Segunda de 1959 - Pacifico	Ley 2 de 1959	143675.74
3	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja El Badeal	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	5.21
4	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja La Pepa	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	0.61
5	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja La Pepa	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	1.14
6	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja La Pepa	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	8.90
7	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja Remolino	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	12.45
8	Reserva Forestal Protectora	ZFP Roldanillo - Bolivar (BRUT)	Pendiente	902.86
9	Zona de Proteccion	ZP SARA-BRUT	Pendiente (solo propuesta)	8955.89
10	Reserva Natural Municipal	RNM La Grecia	Acuerdo municipal No. 043 de diciembre 11 de 1996 (Bolivar)	287.60
11	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja Guare	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	14.14
12	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja Mateo	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	43.50
13	Reserva de Recursos Naturales	Madrevieja Cementerio	Acuerdo CVC No. 038 de septiembre 25 de 2007	0.21
14	Parque Natural Regional	PNR Paramo del Duende	Acuerdo CVC No. 029 de agosto 9 de 2005	1913.01
15	Reserva Forestal Nacional (C y P)	RF Ley Segunda de 1959 - Central	Ley 2 de 1959	15268.40
16	Parque Nacional Natural	PNN Las Hermosas	Acuerdo No. 19 de 1977 (Mayo 2) - Junta Directiva INDERENA	39.13
17	Reserval Forestal Protectora	Cuencas de los rios Rio Frio, Piedras y Pescador	Pendiente	10183.33
<b>TOTAL</b>				<b>183517.84</b>

Fuente: Corporación Autónoma Regional del valle del Cauca

Se tuvieron en cuenta todas las áreas constituidas legalmente como parques Nacionales Naturales y Áreas de Manejo Especial en el área de estudio para conformar una sola capa de análisis. Las aéreas de parques naturales y aéreas de manejo especial que están presentes en la zona de estudio se muestran en la tabla No. 9.20.dentro de las cuales resalta por su gran extensión la Reserva Nacional Forestal Pacifico establecida mediante la Ley 2<sup>da</sup> de 1959 y que abarca un total de 143.675,74 has., aproximadamente el 30% del área de estudio, resguardando prácticamente la totalidad de los municipios de El Cairo, Versailles, El Dóvio y gran parte de los municipios de Trujillo, Bolívar, Roldanillo y Argelia.

La Figura 15 muestra la ubicación de estas zonas de reserva.

Figura 15. Parques Nacionales Naturales y Áreas de Manejo Especial



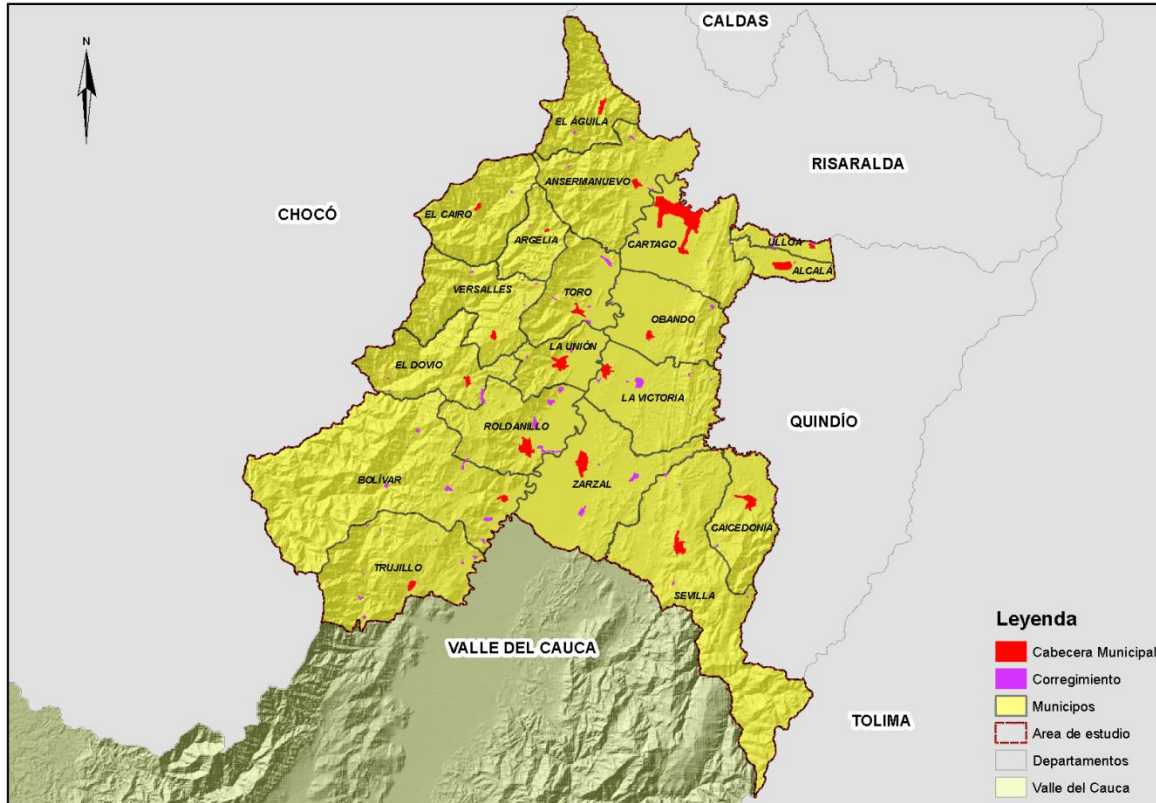
Fuente: Propia

#### 9.4.4 Áreas urbanas, sub urbanas y de expansión

De acuerdo a la cartografía proporcionada por la C.V.C. y la cartografía base del IGAC se determinaron las zonas urbanas, sub urbanas y de expansión, cabeceras municipales, corregimientos y áreas pobladas, para generar la capa de prohibiciones.

El Figura 16 muestra las zonas urbanas, suburbanas y de expansión que representan esta prohibición.

Figura 16. Áreas Urbanas, Sub urbanas y de expansión



Fuente: Propia

#### 9.4.5 Usos del Suelo

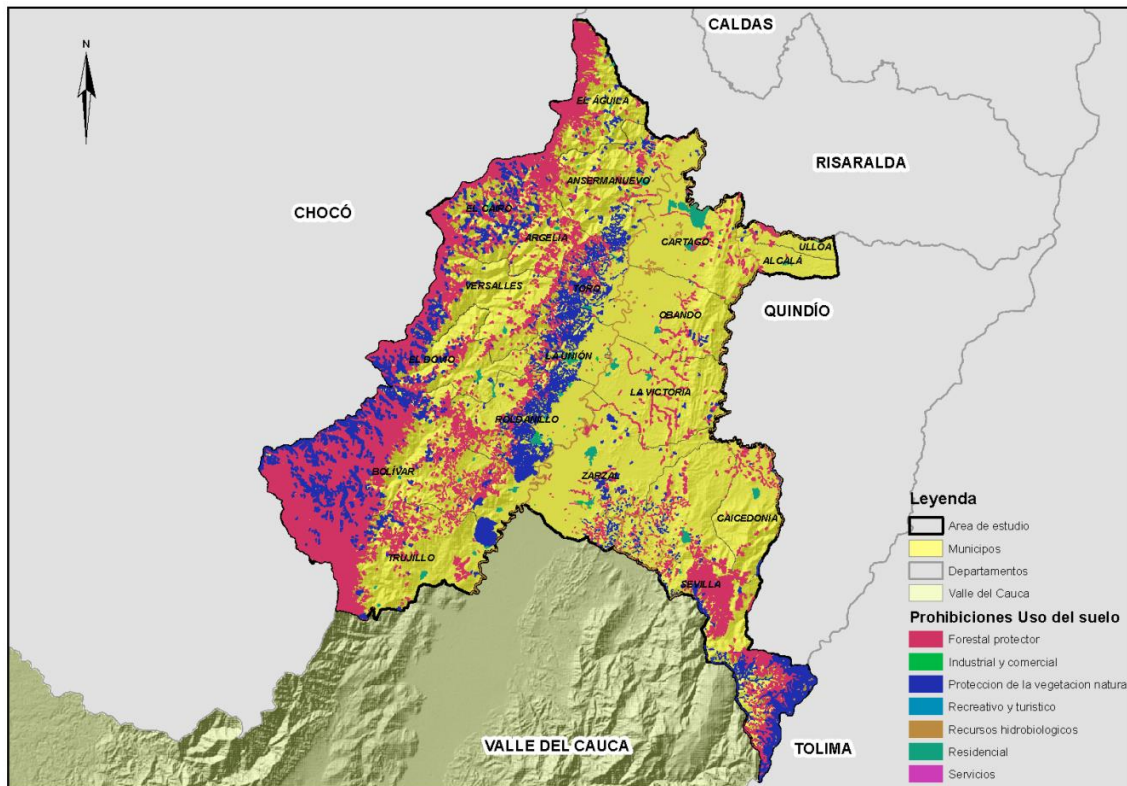
Utilizando la capa de usos del Suelo proporcionada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C, a escala 1:250.000 se tomaron los siguientes usos como prohibiciones para la caracterización de la zona con el objeto de prever posibles impactos sobre la comunidad o los recursos naturales, imposibilitando así la localización de infraestructuras de transferencia y/o disposición final de residuos sólidos en estos sitios. Este tipo de suelos, listados en la tabla No. 9.21; la Figura 17 muestra los suelos calificados como prohibición.

Tabla 9.21. Usos del suelo establecidos como prohibición

ITEM	USO DEL SUELO	AREA (Has.)
1	Residencial	3416,448612
2	Industrial y comercial	144,3963571
3	Servicios	21,94109791
4	Recreativo y turistico	13,07150296
5	Forestal protector	91469,29609
6	Proteccion de la vegetacion natural	31555,06198
7	Recursos hidrobiologicos	2299,730244
<b>TOTAL</b>		<b>128919,95</b>

Fuente: Propia

Figura 17. Usos del Suelo establecidos como prohibiciones



Fuente: Propia

#### 9.4.6 Fallas Geológicas

Atendiendo a lo reglamentado en el Decreto 838 de 2005, el cual establece que el sitio de disposición final y/o transferencia debe a una distancia no menor a sesenta (60) metros de zonas de la falla, se utilizó la cartografía de fallas geológicas a las cuales se les realizó un *buffer* con la mínima distancia establecida por la Ley. Dentro

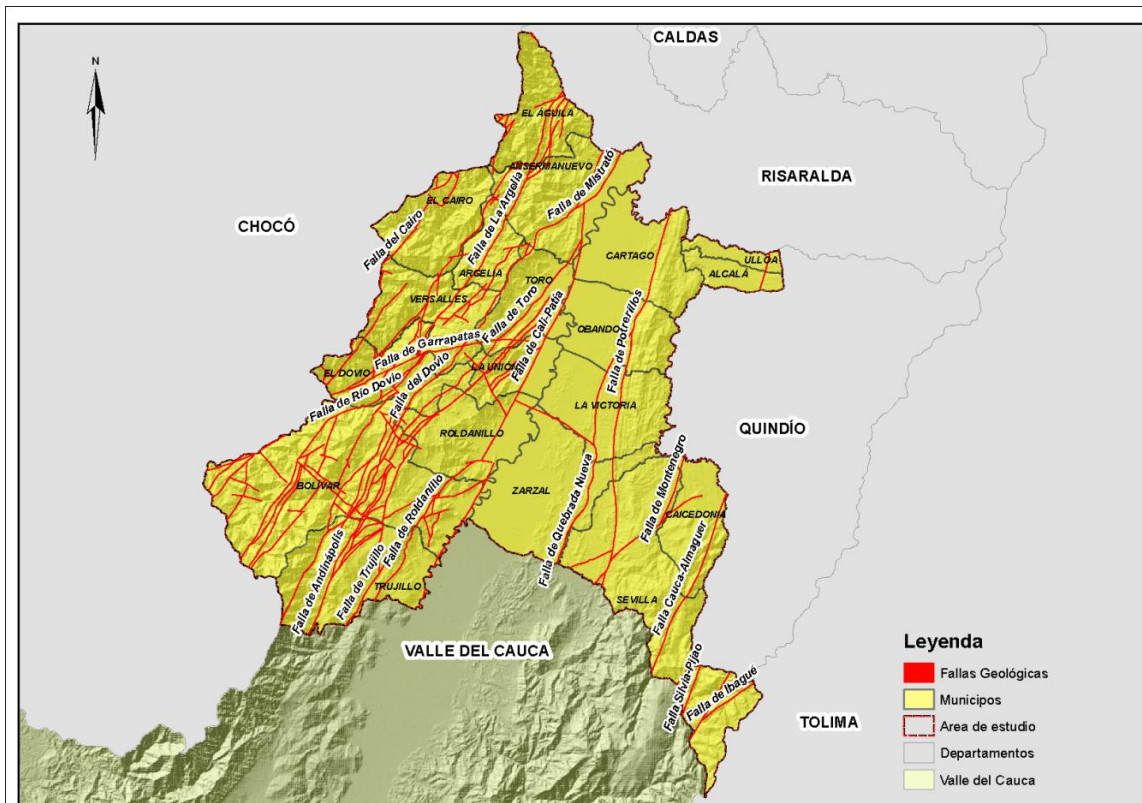


de las fallas más importantes presentes en la zona de estudio encontramos las asociadas al Sistema de Fallas del Cauca y la Falla Garrapatas en la Cordillera Occidental, El Sistema de fallas de Romeral y la Falla de Ibagué en la Cordillera Central.

Los planos de fallas fueron tomados del Atlas Geográfico de Colombia del INGEOMINAS escala 1:500.000; por lo tanto estas gráficas, más que representar áreas con fallas geológicas, confinan o dividen la zona de estudio logrando con esto que el sitio de disposición no se encuentre dividido por una de estas fallas, que son de gran importancia sísmogénica.

Para la identificación de las fallas geológicas también se realizó mediante la lectura de la figura geológico-estructural del área de estudio, en donde se le realiza un Buffer de 60 m a cada lado del trazo principal de la falla, considerándose como el área de influencia de la falla, que debe ser redefinida mediante fotointerpretación y visitas de campo, ya que el área de influencia determinada en el Decreto es muy angosta para el entorno estructural del área de estudio, donde existe dominio de los sistemas de falla regionales en sentido Sur-Norte.

Figura 18. Fallas regionales



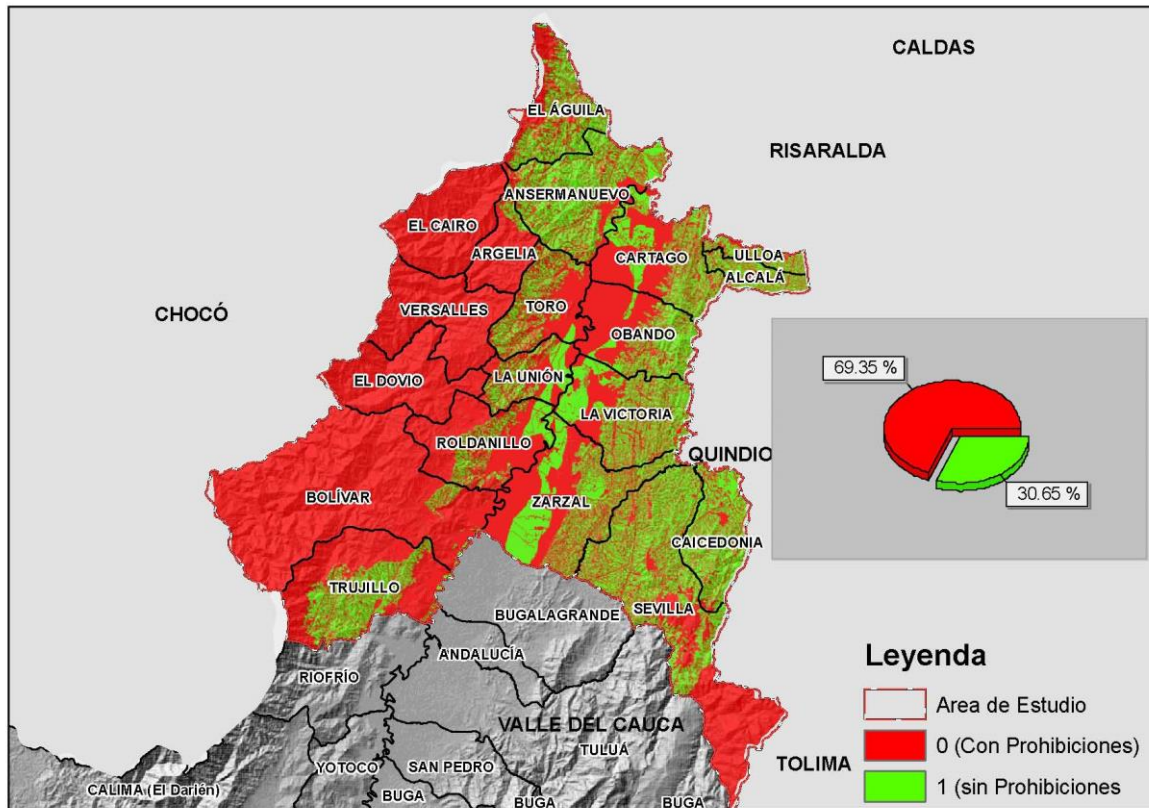
Fuente: Propia

Una vez definidas y determinadas las capas concernientes a las prohibiciones se realiza una capa general de estas zonas uniendo todas la prohibiciones en una sola

capa vectorial, el cual se rasterizó y clasificó en términos binarios, donde el valor de cero (0) le fue asignado a las zonas con prohibiciones y el valor de uno (1) a las zonas sin prohibición respectivamente concluyendo en esta etapa que aproximada el 69% de la zona de estudio posee prohibiciones de algún tipo.

La Figura 19 muestra el área total con y sin prohibiciones para la zona de estudio.

Figura 19. Total prohibiciones macrozonificación



Fuente: Propia

## 9.5 RESTRICCIONES

Corresponden 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. A continuación se presentan las restricciones adoptadas en esta etapa del estudio.

### 9.5.1 Aeropuertos

Los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), en su aparte décimo cuarto (Aeródromos, Aeropuertos y helipuertos), Otros obstáculos o impedimentos a la aviación (numeral 14.3.4.2.7) reglamentan claramente esta restricción.

"14.3.4.2.7.1 Otros obstáculos o impedimentos a la aviación. Además de los obstáculos descritos anteriormente, constituye obstáculo o impedimento para la aviación, toda construcción, plantación, instalación o actividad, ubicada en las inmediaciones de los aeropuertos, dentro de un radio de 13 km a la redonda, contados a partir del punto de referencia de aeródromo – ARP que aún sin constituir un obstáculo físico permanente, impidan el vuelo seguro de las aeronaves en inmediaciones de los aeropuertos y durante su aproximación y salida de los mismos y particularmente, cuando dichas instalaciones o actividades, puedan ocasionar la presencia de aves en las áreas descritas (peligro aviario) con el consecuente riesgo de colisión contra las aeronaves, poniendo en peligro la seguridad del vuelo y la vida y bienes de personas a bordo o en la superficie"

"14.3.4.2.7.2 Autorización. Con fundamento en los artículos 1.823 y 1.824 del Código de Comercio, el desarrollo o construcción de toda instalación destinada a: manejo y/o disposición de residuos sólidos, sea transitoria o permanente, como rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, plantas de transferencia de residuos sólidos, entre otros; producción, aprovechamiento, procesamiento o venta de carnes, pieles, vísceras y cualquier otro derivado animal, tales como plantas procesadoras de cebo, plazas de mercado, expendios ambulantes, mataderos y frigoríficos, entre otros; sistemas agroproductivos como zocriaderos, granjas pecuarias, granjas avícolas, plantaciones, entre otros; cuerpos artificiales de agua como plantas de tratamiento, lagos y represas, entre otros; zonas de recreación como parques recreativos, zoológicos, campos de golf, entre otros; o cualquier otra actividad potencialmente atractiva de aves dentro del radio de 13 km a la redonda, contados a partir del punto de referencia de aeródromo –ARP-, deberá contar con la previa autorización de la Autoridad Aeronáutica, sin perjuicio de las licencias ambientales y/o de construcción y demás requisitos que sean pertinentes, según exigencia de las respectivas autoridades competentes. La descripción del procedimiento de solicitud de tal autorización se encuentra en el Documento GSAC-5.0-7.01"

Después de realizar un buffer de 13 Km a cada uno de los aeropuertos de la región conforme al RAC, se encontró que el área de estudio está afectada por tres aeropuertos, siendo el más influyente debido a la cantidad de área que restringe el Aeropuerto Santa Ana ubicado en el municipio de Cartago.

La Tabla 9.22 muestra el listado de aeropuertos en la zona de influencia y su área de restricción.

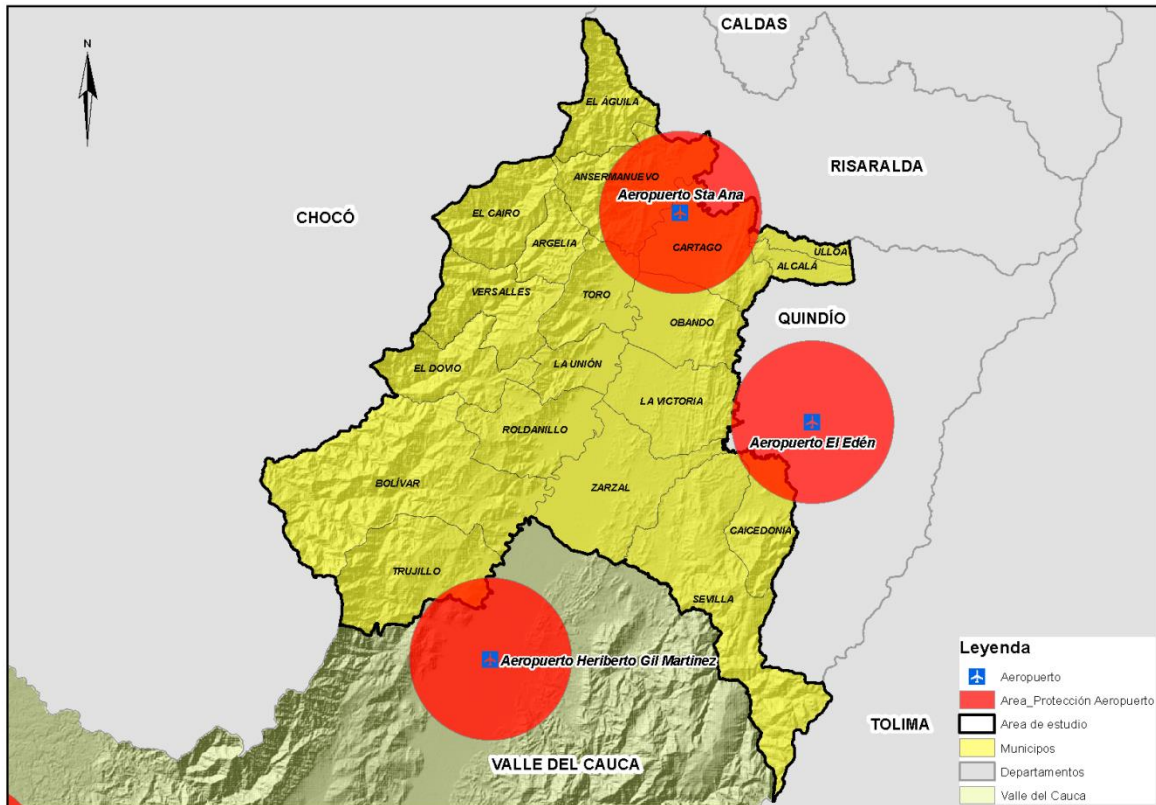
Tabla 9.22. Influencia de Aeropuertos en Área de Estudio.

ITEM	NOMBRE	AREA (has.)	UBICACIÓN
1	Aeropuerto Internacional El Edén	4086.46	Armenia
2	Aeropuerto Heriberto Gil Martínez	2319.99	Tuluá
3	Aeropuerto Santa Ana	44889.31	Cartago
TOTAL		51295.76	

Fuente: Propia

La Figura 20 nos muestra las áreas restringidas por seguridad aeroportuaria en la zona de estudio.

Figura 20. Restricciones Aeropuertos por seguridad



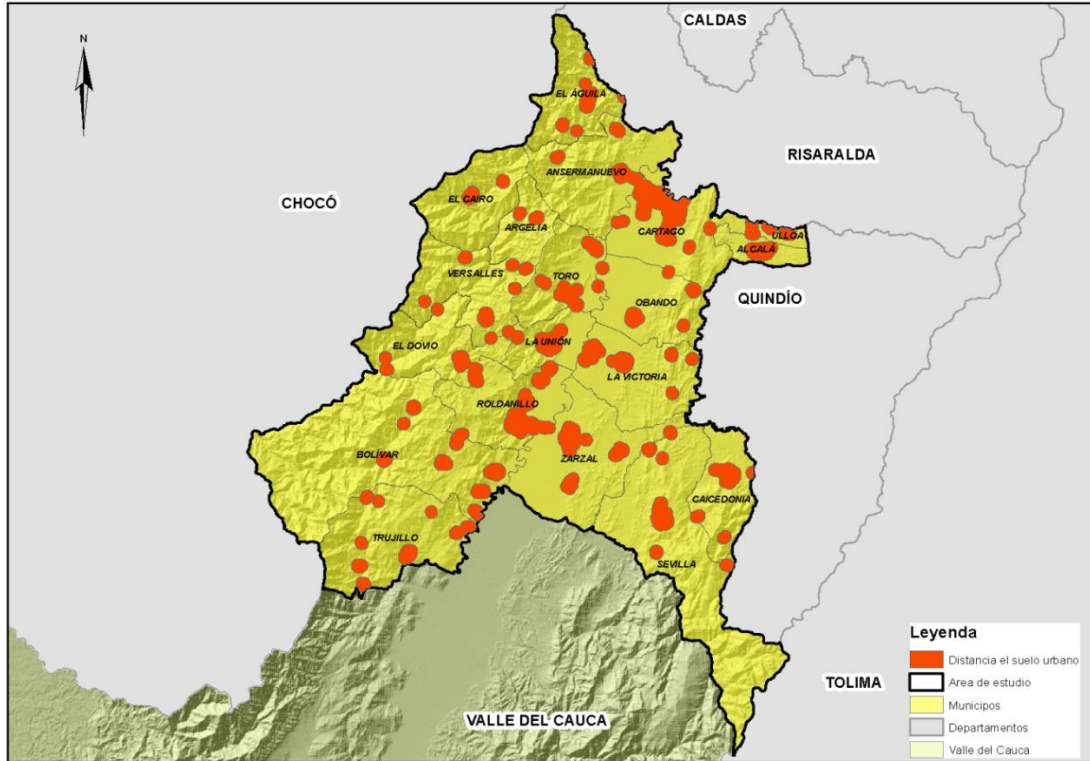
Fuente: Propia

### 9.5.2 Distancia al Suelo Urbano

Con base al Decreto 838 del 2005, se definió un área de protección de mil (1.000) metros de distancia horizontal, con respecto al límite del área urbana o sub urbana, incluyendo zonas de expansión y crecimiento urbanístico; totalizando estas áreas un total de 61856.18 has.

La Figura 21 muestra las áreas con restricción por protección de cascos urbanos.

Figura 21. Restricciones Distancia al suelo Urbano



Fuente: Propia

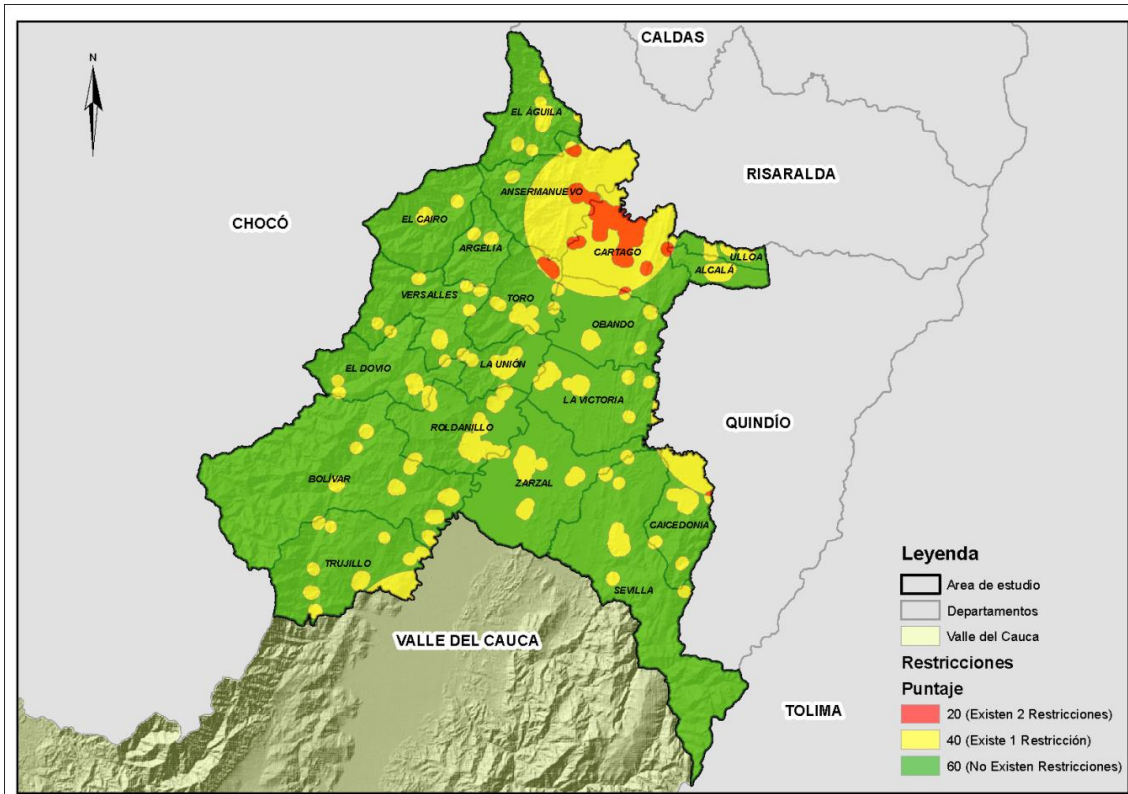
Una vez definidas y determinadas las capas concernientes a las restricciones se realiza una capa general (Ver Figura 22) de estas zonas reclasificadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 9.23. Reclasificación de Restricciones

Clase	Puntaje	Descripción
1	60	No existen restricciones
2	40	Existe una restricción
3	240 - 400	Existen dos restricciones
4	400 - 560	Existen más de dos restricciones

Fuente: Propia

Figura 22. Reclasificación Restricciones



Fuente: Propia

## 10 MODELO DE APTITUD

Para obtener el modelo de aptitud en la etapa de macro-zonificación se emplearon las técnicas de álgebra de mapas aplicado ampliamente en los modelos desarrollados en Sistemas de Información Geográfica a partir de datos *Raster*, donde se realizó una superposición aritmética (pixel a pixel) de todas las variables presentadas anteriormente, utilizando operadores matemáticos y lógica booleana como se muestra en la siguiente ecuación:

$$A = (A + C + U + T + S + H + O + R) * P$$

Dónde:

*A*: Puntaje o Valor de Aptitud del terreno para la ubicación de Rellenos Sanitarios

*C*: Centralidad de los focos de producción de residuos sólidos

*U*: Distancia entre el perímetro urbano, respecto del área para la disposición final de residuos sólidos

*T*: Pendiente del terreno

*S*: Distancia a otros rellenos

*H*: Distancia a los cuerpos hídricos

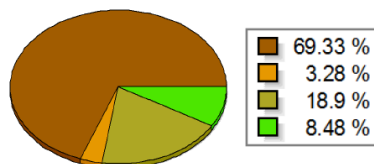
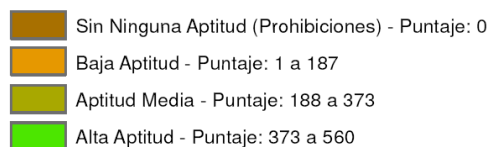
*O*: Uso del suelo

*U*: Restricciones en la disponibilidad del área

*P*: Prohibiciones existentes

Como resultado de la superposición aritmética de las capas se obtuvo el modelo de aptitud el cual presenta un valor máximo de 560 puntos (mayor valor de aptitud) y como mínimo valor de 120 puntos, se obtuvieron también valores de cero los cuales corresponden a las áreas con prohibiciones de algún tipo.

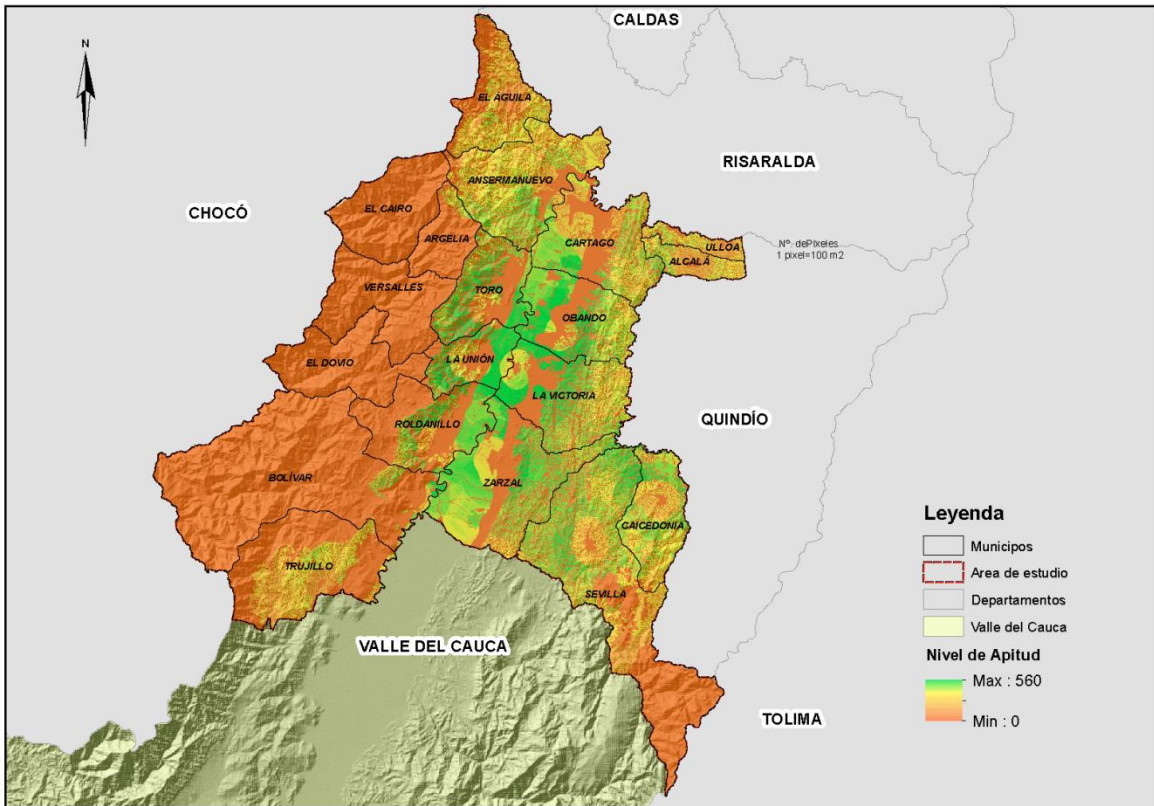
Gráfica 10.1. Valores de reclasificación del modelo de aptitud y estadísticas de áreas.



Fuente: Propia

La Figura 23 nos muestra el modelo de aptitud de suelos después de realizada esta operación.

Figura 23. Modelo de aptitud macro-zonificación



Fuente: Propia

Posteriormente mediante la herramienta de ArcGis *Raster to Polygon* se realizó la conversión del modelo de aptitud de formato Raster a Vectorial (polígono) reclasificado, generando polígonos de acuerdo a cada una de las cuatro clases de aptitud (ver grafica 10.1); facilitando el manejo de la información, los cálculos de área e índices de forma de los mismos.

Como resultado se obtuvieron 14.522 polígonos con alta aptitud que posteriormente fueron filtrados descartando aquellos cuya área fuera inferior a 83 has., la mínima requerida para albergar la infraestructura de transferencia y/o disposición final de residuos sólidos de acuerdo a los cálculos y proyecciones realizados.

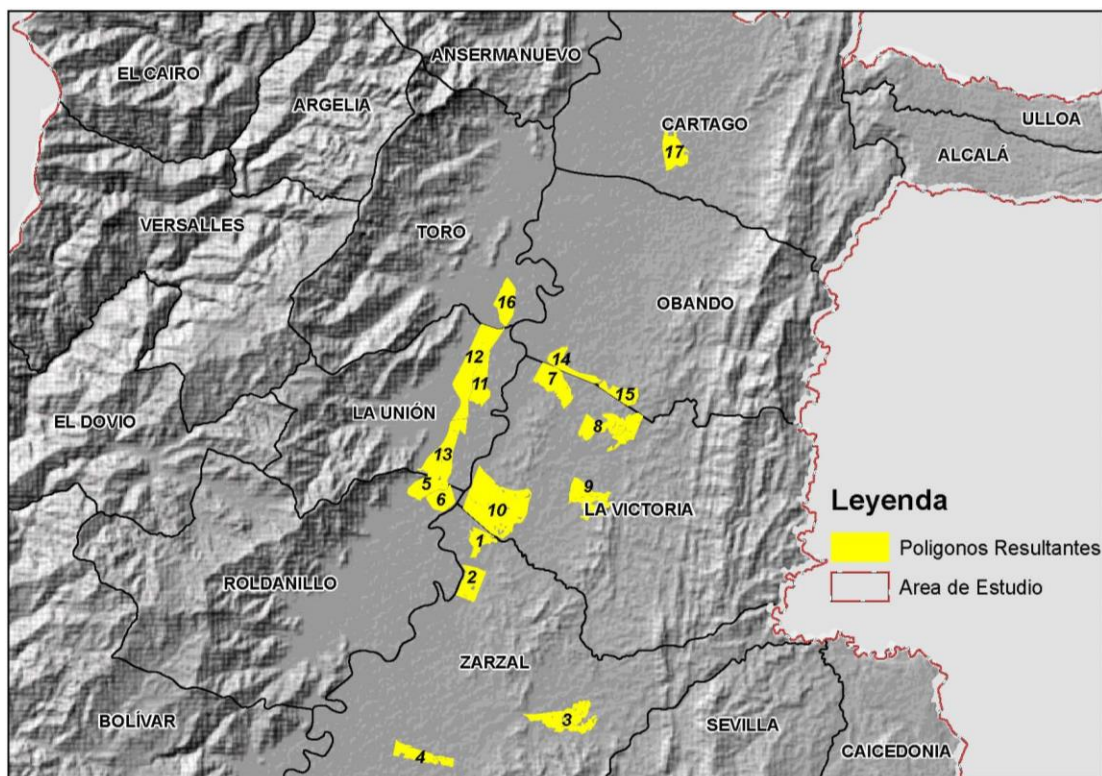
De este proceso resultaron 17 polígonos con un área igual o superior a las 120 ha los cuales se someten a un nuevo filtro en función de su forma, descartando aquellos que, a pesar de tener el área mínima requerida, imposibilitan la implantación de la infraestructura. Este análisis de forma de los polígonos se realizó manual y análogamente, apoyado en técnicas de fotointerpretación ya que los cálculos índices de forma convencionales como el coeficiente de compacidad, la



relación de circularidad y el factor de forma excluyen polígonos aptos para el proyecto.

La Figura 24 muestra los polígonos obtenidos del modelo de aptitud.

Figura 24. Polígonos obtenidos



Fuente: Propia

Tabla 10.1. Ubicación y área los polígonos estudiados.

POLIGONO	Area (Ha)	Municipio
1	131,14	Zarzal
2	214,58	Zarzal
3	345,33	Zarzal
4	184,66	Zarzal
5	186,49	Roldanillo
6	164,49	Roldanillo
7	300,29	La Victoria
8	377,76	La Victoria
9	281,26	La Victoria
10	932,34	La Victoria
11	224,87	La Union
12	552,7	La Union
13	411,29	La Union
14	166,82	Obando
15	150,22	Obando
16	228,28	Toro
17	235,66	Cartago

Fuente: Propia

Estos diecisiete polígonos resultantes son el producto del análisis espacial multicriterio realizado y todos fueron identificados como áreas de alta aptitud para la ubicación de un relleno sanitario regional, cumpliendo requisitos generales de gran importancia como no estar dentro de áreas de protección, reservas naturales o de manejo especial, estar cercanos a los centros poblados para facilidad del transporte de los residuos sólidos pero a una distancia de seguridad para minimizar los impactos sobre la población, en un área central a todos los cascos urbanos para ser coherentes con el principio de igualdad y en suelos con baja importancia ambiental.

## 11 MICROZONIFICACIÓN

En este capítulo se desarrolla la etapa denominada como microzonificación aplicada a los diecisiete polígonos resultantes donde se le realizan las siguientes actividades:

1. Fotointerpretación a los polígonos, con fotografías aéreas pancromáticas a escala 1/32000 suministradas por la CVC.
2. Inspecciones de campo donde se observan cambios que pudieran haber ocurrido y actualizar la información disponible, se verifican los datos y la evaluación obtenida en la etapa de macrozonificación, obtener información relacionada con los usos del suelo, impactos estéticos y ambientales potenciales y cualquier otro criterio de ubicación que no se hubiera podido obtener de fuentes secundarias de información.
3. Realización de una jerarquización de los polígonos en orden de elegibilidad mediante una matriz de criterios más amplia y estricta (Matriz de Microzonificación).

### 11.1 JERARQUIZACIÓN DE POLIGONOS

Una vez realizado el trabajo de fotointerpretación y posteriormente las inspecciones de campo a cada uno de los diecisiete polígonos, donde se evaluó independientemente cada polígono de manera más precisa y certera, se procede a realizar la jerarquización de las áreas mencionadas en orden de elegibilidad tomando como base el puntaje obtenido en la matriz de microzonificación (tabla 11.1).

Las variables que intervienen en este estudio y sus ponderaciones se basan en los criterios desarrollados en el capítulo 9 adaptados algunos del Decreto 838 de 2005 el cual establece unos pesos o jerarquías de importancia para cada variable allí contemplada, y otros que a pesar de no estar contenidos en el mencionado Decreto por su importancia ambiental, social o económica deben ser tomados en cuenta con el fin de reducir el rango incertidumbre a la hora de determinar las posibles áreas de disposición final o transferencia de residuos sólidos.

La tabla 11.1 muestra la calificación obtenida para cada polígono frente a los criterios de evaluación empleados.

Tabla 11.1. Matriz de jerarquización de polígonos.

CRITERIOS	PUNTAJE MAX.	PESO	POLIGONOS																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
1	CAPACIDAD ALMACENAMIENTO	200	0.15	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200		
2	OCUPACION ACTUAL DEL AREA	80	0.06	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		
3,1	CONDICIONES V. PRINCIPAL	20	0.01	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
3,2	PENDIENTE V. PRINCIPAL	20	0.01	20	20	20	20	20	20	20	12	12	20	20	20	20	20	20	20	20		
3,3	DISTANCIA V. ACCESO	20	0.01	20	20	12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
3,4	PENDIENTE V. ACCESO	20	0.01	20	20	12	20	20	20	8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
3,5	NUMERO V. ACCESO	20	0.01	8	8	8	20	20	20	8	8	8	20	20	20	20	8	20	20	8		
3,6	CONDICIONES V. ACCESO	20	0.01	8	8	8	8	8	8	20	8	8	20	8	8	8	20	20	8	8		
4,1	PENDIENTE TERRENO	40	0.03	40	40	30	40	40	40	40	30	30	30	40	40	40	30	20	40	30		
4,2	FACILIDAD M. TIERRAS	40	0.03	40	40	32	40	40	40	40	32	32	32	40	40	40	40	32	40	32		
5	DISTANCIA PERIMETRO URBANO	140	0.10	140	140	100	140	140	140	140	20	140	140	140	140	140	140	140	140	20		
6,1	DISTANCIA MATERIAL DE COBERTURA	60	0.04	40	40	40	40	40	40	60	60	60	40	40	40	40	60	60	40	60		
6,2	CALIDAD MATERIAL COBERTURA	40	0.03	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
7	DENSIDAD POBLACIONAL	40	0.03	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
8	INCIDENCIA EN EL TRAFICO	40	0.03	20	20	40	20	20	20	20	20	40	20	20	20	20	20	20	20	20		
9	DISTANCIAS CUERPOS DE AGUA	60	0.04	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
10	GEOFORMAS	40	0.03	12	12	32	12	12	12	20	20	20	40	12	12	12	40	20	12	20		
11	EXISTENCIA DE RESTRICCIONES	60	0.04	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40		
12	APTITUD DE LA FORMACION SUPERFICIAL	140	0.10	0	140	140	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	140	0	140		
13	COBERTURA DE SUELOS	80	0.06	80	20	80	20	20	20	40	80	80	80	20	20	20	80	80	20	80		
14	CENTROS DE PRODUCCION PONDERADA	80	0.06	60	60	40	40	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	40		
15	NIVEL FREÁTICO	100	0.07	50	50	100	50	50	50	50	100	100	100	50	50	50	100	100	50	50		
<b>TOTAL</b>				<b>1360</b>	<b>1.00</b>	<b>1000</b>	<b>1080</b>	<b>1136</b>	<b>1072</b>	<b>972</b>	<b>972</b>	<b>1008</b>	<b>1072</b>	<b>972</b>	<b>1104</b>	<b>972</b>	<b>972</b>	<b>972</b>	<b>1260</b>	<b>1234</b>	<b>972</b>	<b>990</b>
<b>JERARQUIZACIÓN</b>				<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	

Fuente: Propia

La matriz anterior presenta un valor cuantitativo de la aptitud para la ubicación de un relleno sanitario para cada uno de los polígonos, encontrándose el polígono 14 con el valor más alto seguido del polígono 15 y 3, estos son los polígonos de más alta potencialidad presentando las mejores condiciones físicas, geográficas, geomorfológicas, geológicas, con buena capacidad de almacenamiento y serán los tres candidatos para la próxima etapa de esta iniciativa institucional la cual será la evaluación de estos polígonos más a fondo en el marco normativo y técnico de un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).

A continuación se realiza una breve descripción de los tres polígonos identificados con alta aptitud para la ubicación de un relleno sanitario regional en orden de elegibilidad.

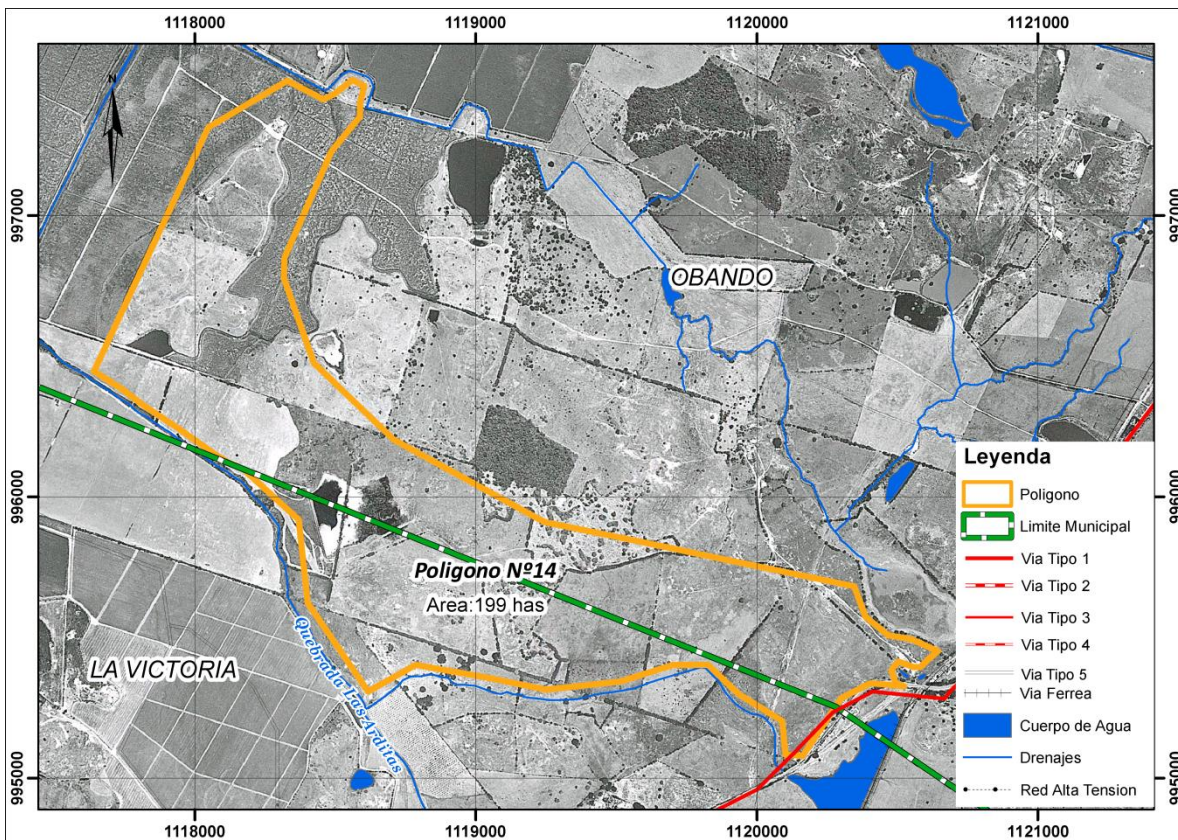
## **11.2 DESCRIPCION DE POLIGONOS CANDIDATOS A DAA**

### **11.2.1 POLÍGONO 14**

Está ubicado en el suroccidente del municipio de Obando; limita por el sur con el municipio de la Victoria y la quebrada Las Arditas y por el oriente con la intersección entre la vía férrea y la doble calzada Obando –La Victoria. Cuenta con un área de 199 ha, enmarcadas en las coordenadas N997609, E1117776 y N 995015, E1120565. Dista dos kilómetros de la cabecera municipal de Obando. La vegetación predominante es de rastrojos y arbustos escasos. El uso actual del suelo es netamente ganadero. (Ver Figura 29)

Este polígono presenta una geoforma ondulada, con enormes extensiones cóncavas, de pendiente suave, drenaje dendrítico de muy baja densidad. En esta zona se identifica un colinamiento suave que genera valles muy abiertos que sirven de vasos de gran extensión para la localización del relleno sanitario regional y además de gran utilidad para minimizar los impactos ambientales negativos de tipo visual.

Figura 25. Delimitación del Polígono 14



Fuente: Propia

Fotografía 1. Geomorfología del Polígono 14



La pendiente del terreno favorece la localización de un relleno sanitario regional, porque presenta leve inclinación, colinamiento muy suave, valle semiplano de gran extensión, con facilidades para la maniobrabilidad de la maquinaria, buen drenaje de lixiviados y localización de cualquier infraestructura del relleno sanitario. La geoforma de este sitio es óptima, pues enmarca un valle muy abierto, levemente ondulado, con ausencia de drenajes permanentes y mínimo interés ambiental ya que tiene un uso actual del suelo de tipo ganadería sin especies arbóreas importantes.

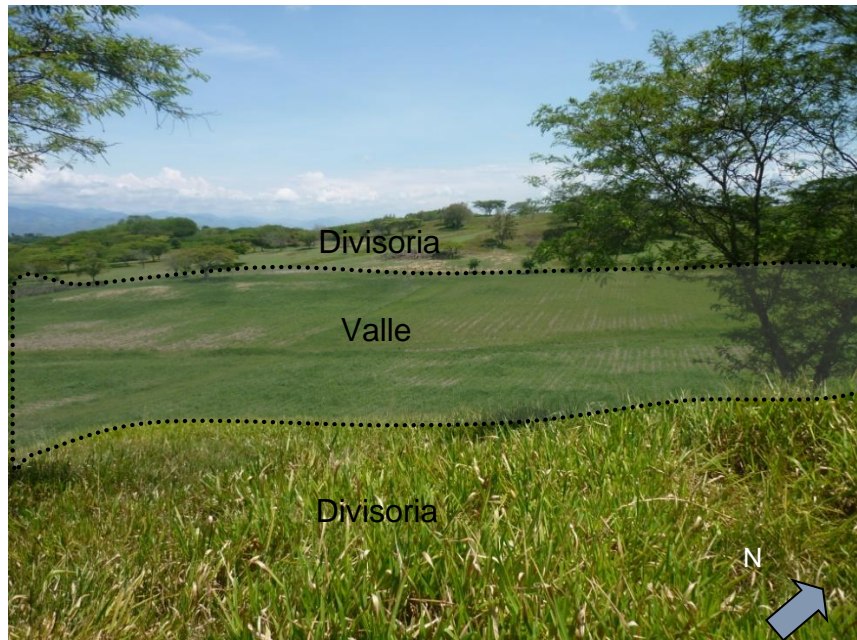
El material de cobertura se encuentra en el sitio, es fácilmente excavable y presenta la mejor calidad, de tipo recebo granular para la operación y cobertura diaria. Es muy importante tener en cuenta que este tipo de cobertura está principalmente formado por detritos silíceos de alta resistencia a los agentes meteóricos, característica que aumenta la potencialidad del sitio. El nivel freático de este sitio no lo reporta la CVC.

En síntesis este polígono cuenta con una alta potencialidad para la localización del relleno sanitario regional, porque presenta una excelente geoforma que contiene un vaso extenso, de pendiente levemente ondulada, con buen drenaje para los lixiviados; la geología del sitio es óptima dado que es una roca sedimentaria de tipo continental formada por rocas silíceas, que tiene comportamiento mecánico óptimo como material de cobertura diario para las actividades operativas del relleno y buena capacidad portante; el material de cobertura se encuentra en el sitio y los impactos ambientales de tipo visual son mínimos porque la geoforma encajonaría efectivamente el relleno.

### **11.2.2 POLÍGONO 15**

Se localiza en el sur del municipio de Obando a 2Km de la cabecera municipal; limita al sur con el municipio de La Victoria, por el oriente con la quebrada Las Arditas y por el occidente con la Doble Calzada Obando – La Victoria. Cuenta con un área estimada 151ha que se enmarca entre las coordenadas N995539, E1120502 y N993724, E1122847; esta zona presenta una topografía ondulada. El terreno es atravesado por una línea eléctrica de alta tensión. El uso actual de suelo comprende actividades ganaderas, pasto de corte y vegetación subxerofítica. (Ver Figura 30)

Este polígono se encuentra dentro de una geoforma de colinas onduladas, suaves, redondeadas, que generan valles con forma de “U” abierta, con divisorias de altura media, no mayor a 30m; estos valles se presentan como formas semi-planas y levemente inclinadas. El patrón de drenaje es de tipo sub-dendrítico, de muy baja densidad y muy poco incisados.



Fotografía 2. Geomorfología del Polígono 15

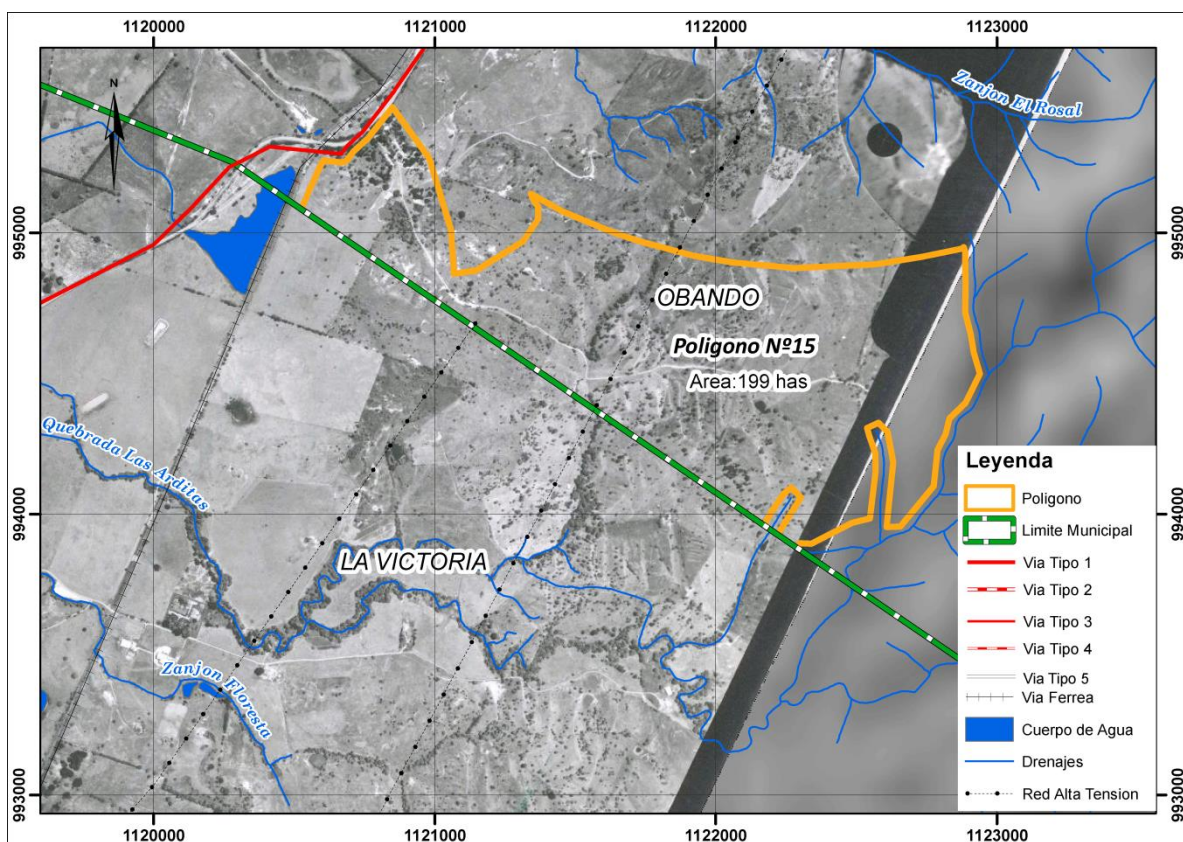
En este polígono no se evidencian movimientos en masa activos ni antiguos; los procesos erosivos presentes son generados por el sobrepastoreo, que se manifiestan como terracetas y erosión laminar incipiente. La amenaza por movimientos en masa es muy baja, dadas las bajas pendientes y la formación superficial presente.

La pendiente del terreno es apta para la localización de un relleno sanitario regional, dado que es levemente inclinada y tiene buen drenaje. La geoforma presente es buena para minimizar los impactos visuales, generados por el relleno, pero sus vasos están limitados por divisorias de diferentes alturas, no mayores a 30m, situación que disminuye la potencialidad de este polígono. La formación superficial es fácilmente excavable en este sitio, pero se pueden encontrar depósitos clasto-soportados bien consolidados.

El material de cobertura se encuentra en el sitio y es caracterizado como un recebo granular de buena calidad para la cobertura del relleno. La CVC no reporta información sobre la profundidad nivel freático.



Figura 26. Delimitación del Polígono 15



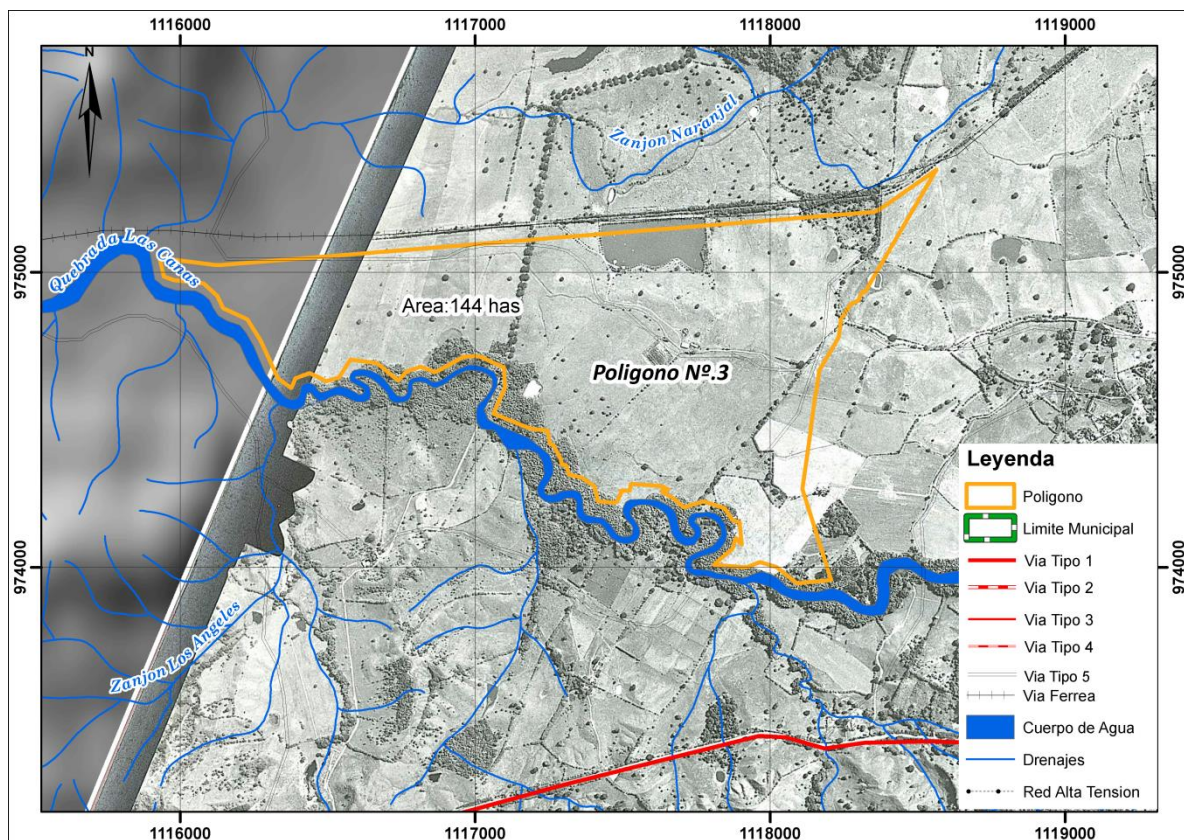
Fuente: Propia

En síntesis este polígono no tiene restricción ambiental de consideración pues se encuentra en un ambiente subxerofítico y tiene como uso del suelo ganadería y cultivos de pasto de corte. Desde el enfoque geológico, presenta alta aptitud para la localización de un relleno sanitario regional, pero cuenta con geformas como valles en “U”, asimétricos y con divisorias cada vez más elevadas al oeste que disminuyen su potencialidad.

### 11.2.3 POLÍGONO 3

Se encuentra en el municipio de Zarzal, en la zona centro – oriental cercano al corregimiento de Limonesa, 1Km al oeste del corregimiento de Vallejuelo y 3,5 Km al este de la cabecera municipal, con un área de 142ha. Se localiza entre las coordenadas N975210, E1115933 y N973912, E1118422, limitando al sur con la quebrada Las Cañas y al norte con la vía férrea.

Figura 33. Localización del Polígono 3



Presenta una pendiente ondulada y se encuentra destinado a la producción ganadera. La vía de acceso comunica el municipio de Zarzal con los centros poblados de Vallejuelo y Limones; esta vía se encuentra en mal estado, carece de carpeta asfáltica y obras de arte, lo que hace que el recorrido entre la cabecera municipal y el sitio (7Km) sea superior a una hora, en períodos secos. En el polígono predomina la vegetación arbustiva, rastrojo y regeneración interrumpida de vegetación nativa.

Este sitio presenta una geofoma de colinamiento ondulado, de cimas suaves, con vertientes cortas, de laderas cóncavas, con patrón de drenaje sub-dendrítico de densidad media, poco incisado y de tipo intermitente. Esta geofoma genera valles abiertos de gran extensión.



Fotografía 3. Geomorfología del Polígono 3

Según información disponible de la CVC, en este sitio no se identifica la profundidad del nivel freático. No se observan movimientos en masa activos ni antiguos; se detectan procesos erosivos de tipo laminar y en surcos incipientes.

Desde el enfoque geológico-geomorfológico este sitio presenta alta potencialidad para la localización de un relleno sanitario regional, porque el vaso generado en esta zona es apto para la disposición final, presentándose geoformas que minimizarían los impactos visuales negativos producto de las actividades de operación del relleno, además cuenta con suficiente área para la implementación de barreras naturales protectoras.

El material de cobertura es de buena calidad; además de estas características geológicas se considera que la zona se encuentra en un área de alto escurrimiento y rápido drenaje de inundación proveniente del piedemonte de la cordillera central.

## 12 CONCLUSIONES

- La litología de los polígonos ubicados en la llanura de inundación del Río Cauca, está asociada a ambientes fluviales de acreción lateral y canales, que han generado depósitos aluviales interdigitados estratigráficamente, situación que determina la permeabilidad alta o baja; siendo la última asociada a zonas de acreción lateral, como lodolitas, arcillolitas, de grano fino-medio, mientras que las litologías de canal, como depósito conglomeráticos clasto-soportados y matriz-soportados, así como arenitas, tienen mayor permeabilidad.
- Al igual que todos los polígonos ubicados en la llanura aluvial de Río Cauca, ninguno presenta potencialidad para la localización de un relleno sanitario, por las situaciones físicas, mecánicas y químicas expuestas anteriormente, entre las cuales se rescata que no presenta geoformas que aislen las actividades operativas del relleno, el nivel freático está entre 2m a 5m de profundidad y las excavaciones serien fácilmente inundables ya que el nivel freático es muy somero y presenta alta amenaza por inundación.
- Todos los polígonos presentan un rango de capacidad superior a 1.5 veces el valor proyectado a 30 años, lo cual garantiza un área suficiente para su operación a largo plazo.
- De acuerdo a lo consignado en el documento "Clima ambiental para el Valle del Cauca", el piso térmico donde se ubican los polígonos altamente jerarquizados (14 y 15) corresponde a cálido seco con una precipitación de 1642 mm/año y un altitud de 968 m. Se adopta las horas de brillo solar reportadas en la Estación climatológica más cercana" Miravalles "de 1792 horas de brillo solar al año.
- Dentro de los polígonos seleccionados no existen zonas de protección identificadas y priorizadas en el Sistema Departamental de áreas Protegidas en el Valle del Cauca (SIDAP) como tampoco ecosistemas en protección.
- El estudio de localización de polígonos factibles para la localización de rellenos sanitarios regionales es una herramienta practica y versátil para identificar zonas con este tipo de aptitud del suelo, aplicable en cualquier parte de la región.
- El método de selección de polígonos aquí expuesto es una herramienta que se puede utilizar como instrumento dentro de los estudios previos de los planes de ordenamiento de todos los municipios que próximamente serán sometidos a modificaciones y reformulaciones, previa formulación de la PGIRS.
- Los criterios a aplicar dentro de cada matriz son seleccionados por el grupo de trabajo y por lo tanto los usuarios pueden aumentar o disminuir esta base,

de acuerdo con el grado de sofisticación que quieran proporcionarle a cada estudio en particular.

- Los criterios ambientales de densidad poblacional, clima, precipitación y dirección de los vientos no son relevantes en la zona de estudios como criterios de selección, ya que sus valores en todos sus polígonos son muy parecidos.
- Los criterios socioeconómicos en su gran mayoría, dependen de la forma en la cual cada país este manejando el servicio público de aseo, pues en particular para Colombia, la selección del sitio está supeditada a la consulta popular, a la voluntad de cada región que es en cierto modo independiente del gobierno central y cuyos territorios además cuentan con problemas de orden público, narcotráfico y paramilitarismo.
- Las visitas de campo, una vez se encuentre el estudio en la etapa de microzonificación, son vitales para determinar la puntuación a asignar a cada uno de los sitios, de acuerdo con cada criterio, pues corroboran la información de cada polígono obtenida mediante las técnicas de análisis espacial y evaluación multicriterio y permite visualizar otros detalles que no se pueden tener en cuenta durante la macrozonificación.
- El área mínima necesaria para el futuro RSN – NVC es de 83 ha y el centroide de producción del Norte del Valle del Cauca se encuentra en el extremo noroccidental del municipio de la Victoria.
- En los cortes superficiales, de los terrenos planos se observa una capa de material orgánico que soporta los cultivos, que deberá ser removida y reemplazada para mejorar la capacidad portante de los sitio, situación que debe ser constatada de acuerdo con los resultados de estudios de suelo y seguramente, deberá superarse la cota del terreno con una altura suficiente que permita el drenaje de aguas de escorrentía y lixiviados a gravedad. Este detalle aumenta los costos de inversión en los terrenos que cuentan con una capa muy gruesa de este material.
- Al igual que todos los polígonos ubicados en la llanura aluvial de Rio Cauca, presentan baja potencialidad para la localización de un relleno sanitario, por las situaciones físicas, mecánicas y químicas expuestas anteriormente, entre las cuales se destaca la ausencia de geoformas que aislen las actividades operativas del relleno, el nivel freático entre 2 - 5m de profundidad y las excavaciones serían fácilmente inundables ya que el nivel freático es muy somero y presenta alta amenaza por inundación.
- Los lugares más opcionados para la ubicación del RSR del Norte del Valle del Cauca son el polígono 14 y 15 ubicados en el municipio de Obando seguido por los polígonos 3 y 10 ubicados en Zarzal y la Victoria respectivamente.

- Se debe partir del hecho de que después de aplicar el proceso completo de selección aplicando restricciones y prohibiciones, se cuenta con un abanico de 17 sitios con potencialidad para el uso como rellenos sanitarios y que su viabilidad final para el desarrollo de este tipo de proyectos depende de estudios más profundos de tipo técnico, social, económico, político y catastra.
- El resultado de este estudio es la base fundamental sobre la cual se podrá formular el diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) como etapa previa al licenciamiento ambiental del proyecto y posterior construcción.

### 13 RECOMENDACIONES

- Ya que el equipo técnico de trabajo, conoce bien los pormenores el proyecto, la zona, la información secundaria actualizada y por lo tanto ha logrado un nivel adecuado para darle continuidad, lo que le costó mucho tiempo y recursos a la empresa, se sugiere que este mismo equipo sea quien continúe con el proceso siguiente.
- Se necesita perforar en diferentes sitios de los polígonos para definir la estratigrafía del sitio, niveles freáticos, estado del material de las formaciones superficiales, profundidad de los depósitos cuaternarios, posibles fallamientos, familias de diaclasamiento, foliaciones, estratificaciones, alteraciones y rosa de los vientos.
- Se recomienda para estudios posteriores, verificar en catastro la delimitación política de los polígonos para a largo plazo evitar conflictos de tipo legal en una futura negociación.
- Es importante difundir en los municipios involucrados los resultados del presente estudio para incluir dentro de su POT, PBOT o EOT el uso del suelo destinado a la adecuada disposición de residuos sólidos como parte de la política nacional, siendo una obligación de los municipios en Colombia dar una solución oportuna y técnicamente adecuada al transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos generados.
- Se recomienda que para la siguiente etapa de estudio de localización (DAA), la cartografía base sobre la cual se adelanten los análisis o estudios específicos, sea como mínimo a escala 1/5.000 con el fin de poder contar con un mejor nivel de detalle y precisión. Se debe proveer que la cartografía base del IGAC a esta escala en su gran mayoría se remonta a más de 40 de antigüedad, por lo tanto esta debe ser actualizada por un profesional capacitado basándose en ortofotos y modelos digitales de terreno de alta resolución.
- Antes de iniciar el Diagnostico ambiental de Alternativas con los 3 los polígonos más accionados, es necesario la realización de un estudio de pre factibilidad de tipo catastral con el fin de asegurar que las alternativas a estudiar sean viables desde esta perspectiva.
- Es necesario constatar los límites municipales con las fuentes oficiales y cotejar con los mismos entes territoriales ya que la base cartográfica 1/100.000 del IGAC suele presentar conflictos, aun mas cuando los límites municipales no obedecen a elementos físicos como drenajes o ríos, si no que por el contrario, son líneas rectas imaginarias, como es el caso del límite del municipio de Obando con La Victoria, de donde de antemano se conoce de la existencia de un conflicto de este tipo. Esto con el fin de evitar problemas de jurisdicción en la futura zona de disposición final de residuos sólidos.

## 14 BIBLIOGRAFIA

1. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, Decreto 838. Santafé de Bogotá D.C.: Presidencia, 2005.19 p.
  2. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Rellenos Sanitarios Guía Ambiental. Santafé de Bogotá D.C.: Ministerio, 2002.100p.
  3. Documento CONPES 3343. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación
  3. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. Documento final orden de servicios N° 1214 relacionada con los procesos locales de conservación identificados en las mesas locales del sistema departamental de áreas protegidas en el Valle del Cauca. SIDAP, Santiago de Cali 2006. 85 p.
  - 4 .CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. Estudio de Caracterización Ambiental del Departamento del Valle del Cauca, Cali. 2001.55p.
  5. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC. Fundación Agua Viva “Funagua”, Convenio No 256. Santiago de Cali.2010. 237 p.
  6. VALLECAUCANA DE AGUAS S.A E.S.P. Plan Departamental Para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento Básico - PDA del Valle del Cauca. Plan General Estratégico y de Inversiones, PGEI. Plan Anual Estratégico y de Inversiones, PAEI .Santiago de Cali.: Vallecaucana, 2001.116 p.
  7. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico, RAS .Santafé de Bogotá DC. : Mindesarrollo, 2000. 223p.
- GUSTAVO D. BUZAI. Análisis socio espacial con sistemas de Información Geografica.2006.
- ADRIANA G. MADRID SOTO. Análisis y Síntesis en Cartografía. 2005
- NIVIA, G ALVARO. Figura geológico del valle del Cauca, memoria explicativa. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, REPUBLICA DE COLOMBIA, Pág. 141,2001.
- FUNDACION FUNAGUA. Análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del figura de ecosistemas de Colombia, para la Jurisdicción del Valle del Cauca”. CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL VALLE DEL CAUCA “CVC”.2010.
- Rodríguez, Carlos Armando. Instituto Vallecaucana de investigaciones científicas INCIVA, Fundación hispanoamericana de Cali, Embajada de España en Colombia. ed. Tras las huellas del hombre prehispánico y su cultura en el valle del Cauca. Cali.



Santiago, Sebastián (1965). Arquitectura Colonial en Popayán y el Valle del Cauca. Cali: Universidad del Valle.

Kinnear, C. y Taylor J.

Investigación de Mercados. Mc Graw Hill, México

Urquiza, P. Análisis de Mercados. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza

## 15 GLOSARIO DE TÉRMINOS

CAR's: Corporaciones Autónomas Regionales. (Autoridades Ambientales Regionales)

CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial

Grupo R.S: grupo de residuos

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

MVCT: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, antiguo Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial MAVDT

NVC: Norte del Valle del Cauca

OSSO: Observatorio Sismológico de Occidente

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial

PDA: Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico.

PDD: Plan de desarrollo departamental

PGEI: Plan General Estratégico de Inversiones del PDA

PGIRS: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

POT: Plan de Ordenamiento Territorial.

PMIRS: Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos

RAS 2000: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

RS: Residuos Sólidos

RSM: Residuos Sólidos Municipales

RSR: Relleno Sanitario Regional

SIG: Sistemas de Información Geográfica

## 16 MARCO JURÍDICO DEL ESTUDIO

A continuación se resume el marco jurídico más relevante y aplicable al proyecto de RSR.

### 16.1 LEY 09 DE 1979

Es el Código Sanitario Nacional que estipula las medidas sanitarias sobre manejo de residuos sólidos

### 16.2 LEY 99 DE 1993

El artículo 5 de la **Ley 99 de 1993**, determina que el MAVDT debe formular la política nacional relacionada con el medio ambiente y los recursos naturales renovables y regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, destructivas del entorno o del patrimonio natural.

La Ley 99 de 1993 en su artículo 31 de las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales – CAR's, estableció, entre otras, las siguientes:

- a) 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 (...).
  
- b) 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 en 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 expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos (...).

### 16.3 LEY 142 DE 1994

Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios así como de las actividades que realicen las personas que los prestan, y Ley 286 de 1996, que

reforma la anterior en cuanto al plazo de transformación de las entidades prestadoras de los servicios y de ajuste a las tarifas meta

#### **16.4 DOCUMENTO CONPES 2750 DE 1994**

Políticas sobre manejo de residuos sólidos

#### **16.5 DECRETO 605 DE 1996**

Reglamenta la Ley 142 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.

#### **16.6 LEY 388 DE 1997. REGLAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

La Ley 388 de 1997 determina, en su artículo 14, que el componente rural del Plan de Ordenamiento Territorial es un instrumento para garantizar la adecuada interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, la conveniente utilización del suelo rural y las actuaciones públicas tendientes al suministro de infraestructuras y equipamientos básicos son componentes básicos del “ESTUDIO DE LA LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PARA LA DISPOSICIÓN Y/O TRANSFERENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DEL NORTE DEL VALLE”.

.

#### **16.7 DECRETO 602 DE FEBRERO DE 1999**

Por el cual se reglamenta la Ley 142/94 en materia de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

#### **16.8 DECRETO 219 DE FEBRERO DE 2000**

Por la cual se modifica la estructura del Ministerio de Desarrollo Económico.

#### **16.9 RESOLUCIÓN 1096 DEL 2000. MINDESARROLLO**

Por la cual se expide el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS – 2000

## 16.10 LEY 715 DE 2001

Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.

Define una participación de los ingresos corrientes de la Nación por la entidades Territoriales: Una participación de propósito general que incluye los recursos para agua potable y saneamiento Básico, que se denominará participación para propósito general.

Artículo 4°. *Distribución Sectorial de los Recursos*. El monto total del Sistema General de Participaciones, una vez descontados los recursos a que se refiere el párrafo 2° del artículo 2°, se distribuirá las participaciones mencionadas en el artículo anterior así: la participación para el sector educativo corresponderá al 58.5%, la participación para el sector salud corresponderá al 24.5 la participación de propósito general corresponderá al 17.0

El **Decreto Ley 216 de 2003** determina como función de este Ministerio expedir las políticas y regulaciones en materia de agua potable y saneamiento básico y ambiental. Que las entidades responsables avancen a una gestión integrada de residuos en Colombia, de acuerdo con los volúmenes, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. Esta situación está reglamentada por el Decreto 1713 de 2002, la Resolución 1045 de 2003, la Resolución 477 de 2004 y la Resolución 1390 de 2005, por la cual se establecen directrices para el cierre de botaderos y sitios de disposición inadecuada de residuos que no cumplan con las normas vigentes

El **Decreto 838 de 2005** establece lo siguiente para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos:

a) La entidad territorial en el proceso de formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, seleccionará y establecerá las áreas potenciales para la realización de la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario y de la infraestructura que los compone.

b) La entidad territorial realizará visitas técnicas a cada una de las áreas potenciales definidas en el PGIRS y con base en la información existente de generación de residuos sólidos de la entidad territorial, uso actual de dichas áreas, accesibilidad vial, topografía, distancia al perímetro urbano, disponibilidad de material de cobertura, distancia a cuerpos hídricos y los criterios de localización definidos en el artículo 5° del presente decreto, y suscribirá un acta, que hará parte del expediente del POT, PBOT y EOT, según sea el caso, en la que se dejará constancia del proceso de evaluación llevado a cabo, especificando los puntajes de evaluación asignados a cada una de ellas.

c) La incorporación de las áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, en los POT, PBOT y EOT, según sea el caso, se hará durante el proceso de adopción, o en el proceso de revisión, modificación y ajustes de los mismos, y debe realizarse de acuerdo con las disposiciones establecidas en la normatividad y en el Decreto 4002 del 30 de noviembre de 2004 o las normas que lo adicionen, modifiquen o sustituyan.

d) Una vez expedido el acto administrativo correspondiente por la entidad territorial, que adopta o modifica los POT, PBOT y EOT, según sea el caso, en los cuales se establezcan las áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá surtir el proceso de licenciamiento, previsto en la ley y su decreto reglamentario”.

#### **16.11 RESOLUCIÓN 1390 DEL 2005.**

Por el cual se establecen directrices y pautas para el cierre clausura, y transformación técnica de los sitios de disposición final de residuos sólidos domiciliarios.

#### **16.12 .DECRETO 1575 DE 2007**

Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable

#### **16.13 RESOLUCIÓN 1684 DEL 2008.**

Modifica parcialmente la 1309 del 2005.

## **16.14 RESOLUCIÓN NÚMERO 1822 DEL 22 DE SEPTIEMBRE DE 2009**

**Artículo 1.** Modificar el párrafo 3 del artículo 1 de la Resolución 1684 de 2008, el cual quedará así:

**“Artículo 1. Parágrafo 3.** Las actividades de cierre, clausura y restauración ambiental de las celdas transitorias, no podrán superar el término de un año contado a partir del 30 de Septiembre de 2009.

Para el efecto del cierre, clausura y restauración de las celdas de disposición final transitoria, se podrá continuar con la disposición final de residuos sólidos provenientes del servicio de aseo siempre y cuando estos residuos se utilicen para lograr una adecuada conformación geomorfológica de las celdas transitorias y el prestador del servicio público de aseo esté dando total cumplimiento a las condiciones establecidas en los numerales 1, 2 y 3 del presente artículo, y a las modificaciones al Plan de Manejo Ambiental que considere pertinentes la autoridad ambiental competente.

Dentro del término establecido, se deberán culminar las actividades de reacomodación de la totalidad de los residuos, la cobertura de los mismos e inicio de la restauración paisajística en las zonas aledañas a la celda para la disposición final transitoria; asimismo, dentro de dicho término, esto es antes del 30 de Septiembre de 2010, deberá haberse obtenido licencia ambiental en los términos del Decreto 1220 de 2005 o el que lo modifique, sustituya o derogue para el relleno sanitario que sustituirá la disposición de residuos en las mencionadas Resolución No. 1822 del 22 de septiembre de 2009 Hoja No. 2 *“Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1684 de 2008, sobre las actividades de cierre, clausura y restauración ambiental de las celdas transitorias*

## **16.15 RESOLUCIÓN 1529 DEL 2010.**

Modifica parcialmente la Resolución 1684 del 2008.

## **16.16 LEY 1450 DE 2011**

Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2011 – 2014. Prosperidad para todos.

## **Resolución 1890 de 23 de Septiembre de 2011**

Por medio de la cual se da permiso de funcionamiento a las celdas transitorias que tengan permiso ambiental de las CARs, modificando parcialmente la resolución 1529 del 2008.

Por medio de este decreto se enuncian alternativas para la disposición final de los residuos sólidos en los municipios y distritos que dieron aplicación a lo dispuesto en las Resoluciones 1390 de 2005, 1684 de 2008, 1822 de 2009 y 1529 de 2010.

RAC reglamento de la aeronáutica civil, el peligro aviario en la cercanías de los aeropuertos.



## 17 ANÁLISIS DEL DECRETO 838 DEL 2005 FRENTE A LA LOCALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS REGIONALES DE RESIDUOS MUNICIPALES

EL Decreto 838 del 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT reglamenta la selección de localizaciones para la disposición final de residuos sólidos en todo el país, mediante criterios calificables, con ponderación para cada uno de ellos e incluye algunas prohibiciones y restricciones para el ejercicio de selección; en su artículo No 4, el mencionado decreto reza lo siguiente:

**“Artículo 4°. Procedimiento para la localización.** Sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley 388 de 1997, para la localización y definición de las áreas a que hace referencia el artículo anterior, se deberá garantizar el siguiente procedimiento:

a) La entidad territorial en el proceso de formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, seleccionará y establecerá las áreas potenciales para la realización de la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario y de la infraestructura que los compone.

b) La entidad territorial **REALIZARÁ VISITAS TÉCNICAS A CADA UNO DE LAS ÁREAS POTENCIALES DEFINIDAS EN EL PGIRS** y con base en la información existente de generación de residuos sólidos de la entidad territorial, uso actual de dichas áreas, accesibilidad vial, topografía, distancia al perímetro urbano, disponibilidad de material de cobertura, distancia a cuerpos hídricos y los criterios de localización definidos en el artículo 5° del presente decreto, y suscribirá un acta, que hará parte del expediente del POT, PBOT y EOT, según sea el caso, en la que se dejará constancia del proceso de evaluación llevado a cabo, especificando los puntajes de evaluación asignados a cada una de ellas.

c) La incorporación de las áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, en los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial y Esquemas de Ordenamiento Territorial, según sea el caso, se hará durante el proceso de adopción, o en el proceso de revisión, modificación y ajustes de los mismos, y debe realizarse de acuerdo con las disposiciones establecidas en la normatividad y en el Decreto 4002 del 30 de noviembre 2004 o las normas que lo adicionen, modifiquen o sustituyan.

d) Una vez expedido el acto administrativo correspondiente por la entidad territorial, que adopta o modifica los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial y Esquemas de Ordenamiento Territorial, según sea el caso, en los cuales se establezcan las áreas potenciales para la disposición final de

residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá surtir el proceso de licenciamiento, previsto en la ley y su decreto reglamentario.

El artículo Quinto del decreto mencionado dice:

***“Criterios y metodología para la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario. Para la localización de áreas potenciales para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, las entidades territoriales, considerando la totalidad del área bajo su jurisdicción, tendrán en cuenta los criterios y la metodología de evaluación que se exponen a continuación.....”***

El método expuesto por el Decreto que nos ocupa tiene una clara aplicabilidad a los casos en los cuales existe una selección previa de sitios potenciales a nivel de predios, pues parte del hecho de que hay un elemento analizable y comparable que se puede calificar y jerarquizar, con respecto a sus características particulares.

Sin embargo, cuando se van a seleccionar áreas viables para la localización de rellenos sanitarios, estamos ubicados en etapas previas al análisis de predios, pues de hecho, estos deberán cumplir con el requisito de pertenecer a la zona factible. Para ello, el Decreto 838 del 2005 expone criterios que, en su mayoría son poco aplicables al caso, y nos vemos entonces abocados al diseño de una metodología para seleccionar zonas aptas, que incluya los criterios del 838 de 1995, modificados para el caso, que no está reglamentado en el marco jurídico nacional.

Partiendo de este hecho, se puede decir que la mejor forma de abordar esta problemática es realizando el análisis de aplicabilidad de cada uno de los criterios expuesto en dicho decreto, extrayendo aquellos aplicables, adaptando los que sean aprovechables y diseñando, a través de un equipo interdisciplinario aquellos que se consideran relevantes para la selección de zonas aptas para la localización de RSR, ponderando los puntajes de cada criterio con el fin de poder jerarquizar las opciones. Para el caso que nos ocupa, el equipo interdisciplinario está conformado por dos ingenieros sanitarios, un geólogo, un ingeniero topográfico y un antropólogo con la suficiente experiencia para diseñar la metodología, los criterios ponderados y sus puntajes.

En este caso se prefirió adoptar gran parte de los criterios aplicables, diseñar unos nuevos y respetar las ponderaciones que el MAVDT brinda a cada uno de ellos, alterándose la puntuación máxima del ejercicio.