

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA DISPOSICION FINAL  
DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**BECERRA ORDOÑEZ CESAR AUGUSTO  
CASTRO CASTRO MARIO ALBERTO  
DORADO RODRIGUEZ ARLEX FERNELY**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2015**

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA DISPOSICION FINAL  
DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**BECERRA ORDOÑEZ CESAR AUGUSTO  
CASTRO CASTRO MARIO ALBERTO  
DORADO RODRIGUEZ ARLEX FERNELY**

Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Sistemas de Información  
Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA  
MANIZALES  
2015**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>1. AREA PROBLEMATICA</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>12</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
<b>3. JUSTIFICACION</b>	<b>13</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
4.1. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES	14
4.2. LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL TERRITORIO	17
4.3. LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)	18
4.3.1. Método de Jerarquías Analíticas de Saaty (Analytical Hierarchy Process, AHP)	19
4.3.2. Sumatoria lineal ponderada (Weighted Linear Combination- WLC)	21
4.4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
4.4.1. Área y localización geográfica	22
4.4.2. Relieve, topografía e hidrografía	23
4.4.3. Cobertura vegetal de la tierra	24
4.4.3.1. Precipitación media multianual en mm	25
4.4.3.2. El Viento	27
4.4.4. Descripción general de los suelos	27
4.4.4.1. Asociación Chapa (Fluventic Humitropept) CH	28
4.4.4.2. Asociación Dominguito (Typic Dystrandept) DI	29
4.4.4.3. Asociación Limón (Oxic Dystropept) LM	30
4.4.4.4. Asociación Méndez (Dystric Cryiandept) ME	31
4.4.4.5. Asociación Paz (Typic Dystrandept) PZ	32
4.4.4.6. Asociación Perolinde (Aquic Dystrandept) PX	32
4.4.4.7. Asociación Porvenir (Lithic Ustropept) PE	33
4.4.4.8. Asociación Pubenza (Typic Humitropept) PB	34
4.4.4.9. Asociación Puente (Oxic Dystrandept) PH	35
4.4.4.10. Asociación Quilcacé (Typic Dystradept) QC	36
4.4.4.11. Asociación Salado (Typic Dystrandept) SA	36
4.4.4.12. Asociación Seguengue (Ustic Dystropept) SG	37
4.4.4.13. Asociación Silvia (Typic Dystrandept) SL	38
4.4.4.14. Asociación Sotará (Typic Dystrandept) ST	39
4.4.4.15. Conjunto Timbío (Andic Humitropept) GU	40
4.4.4.16. Consociación Cofre (Oxic Dystrandept) CF	40
4.4.5. Vías de acceso	41
<b>5. METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
5.1. MODELO CONCEPTUAL	42
5.1.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	43
5.1.2. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA PRELIMINAR	43
5.1.2.1. Selección de criterios: Factores de Localización	43
5.1.2.2. Normalización y valoración de las categorías de los factores de localización	44
5.1.2.3. Proceso de Evaluación Multicriterio (EMC)	45

5.1.2.4. Sumatoria lineal ponderada (SLP)	45
5.1.3. ZONAS DE EXCLUSION	45
5.1.3.1. Selección de criterios: Distancias restrictivas (Contraint)	46
5.1.3.2. Buffer	46
5.1.3.3. Reclasificación	46
5.1.3.4. Multiplicación	47
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>6.1. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA PRELIMINAR</b>	<b>48</b>
6.1.1. Selección de criterios: Factores de localización	48
6.1.2. Normalización y valoración de las categorías de los factores de localización	49
6.1.3. Proceso de Evaluación MultiCriterio (EMC)	52
6.1.4. Sumatoria Lineal Ponderada (SLP)	53
<b>6.2. MAPA ZONAS DE EXCLUSION</b>	<b>54</b>
6.2.1. Selección de criterios: Definición de las Restricciones (Restraint)	54
<b>6.3. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA FINAL</b>	<b>56</b>
<b>6.4. EVALUACIÓN DE LOS PREDIOS SELECCIONADOS</b>	<b>57</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 1. MATRICES DE EVALUACIÓN</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de medida establecida para la asignación de juicios de valor.....	19
Tabla 2. Insumos cartográficos .....	43
Tabla 3. Relación de factores de localización y variables.....	48
Tabla 4. Factores de localización a considerar .....	49
Tabla 5. Asignación de valores por reclasificación, factor C1: Unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno) .....	49
Tabla 6. Asignación de valores por reclasificación, factor C2: Grado de la pendiente.....	51
Tabla 7. Asignación de valores por reclasificación, factor C3: Cobertura vegetal de la tierra .....	51
Tabla 8. Matriz de comparación por pares, Factores de localización .....	52
Tabla 9. Restricciones (Contraint) .....	54
Tabla 10. Distancias restrictivas seleccionadas.....	55
Tabla 11. Resumen de calificación de las áreas visitadas .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio .....	23
Figura 2. Flujograma operacional .....	42
Figura 3. R_C1: Mapa reclasificado de unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno).....	50
Figura 4. R_C2: Mapa reclasificado de Grado de la pendiente .....	51
Figura 5. R_C3: Mapa reclasificado de Cobertura vegetal de la tierra.....	51

*Figura 6. Función de pertenencia difusa ..... 52*  
*Figura 7. F\_C4: Mapa de precipitación con pertenencia difusa ..... 52*  
*Figura 8. Mapas reclasificados de distancias restrictivas ..... 55*

## ÍNDICE DE MAPAS

*Mapa 1. Grado de la pendiente..... 24*  
*Mapa 2. Cobertura vegetal de la tierra..... 25*  
*Mapa 3. Precipitación media multianual (mm)..... 26*  
*Mapa 4. Unidades de suelo (Permeabilidad del terreno)..... 28*  
*Mapa 5. Capacidad de acogida preliminar ..... 53*  
*Mapa 6. Zonas de exclusión ..... 56*  
*Mapa 7. Capacidad de acogida final..... 57*

## RESUMEN

El presente estudio, es una iniciativa que reúne los primeros intentos de implementación de una verdadera metodología basada en la integración de la Geomática y Técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC), con el fin de obtener un modelo de capacidad de acogida regional, que facilite la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos, no solo para el Municipio de Popayán, sino también para los Municipios de Cajibío, El Tambo, Morales, Sotará, Caldono, Piendamó, Puracé, Rosas, Silvia, Timbio y Totoró, por ello se tomó la Meseta de Popayán como área de estudio.

La selección de factores como el grado de la pendiente, cobertura vegetal de la tierra, unidades de suelo y precipitación y de distancias restrictivas a Cuerpos de agua, Fuentes de agua potable, zonas de falla, perímetro urbano, zona de seguridad de aeropuertos y vías, permitieron obtener un mapa final de capacidad de acogida del cual se seleccionaron ocho (8) sitios a evaluar, entre ellos Los Llanos, Cañagria, Cajibío, Timbio, La Yunga, Cajamarca, Rio Hondo (Sarria) y Los Llanos (cinco vecinos) este último obtuvo el mayor puntaje en la evaluación.

**PALABRAS CLAVES:** Geomática, Técnicas de Evaluación Multicriterio, modelo de capacidad de acogida, Disposición final, Residuos sólidos, Factores, Distancias restrictivas.

## ABSTRACT

This study is an initiative that brings together the first attempts to implement a true methodology based on the integration of Geomatic and Techniques of Multicriteria Evaluation (MCE), in order to obtain a model host regional capacity to facilitate the identification of Potential solid waste disposal areas, not only for the municipality of Popayán, but also for the municipalities of Cajibío, El Tambo, Morales, Sotará, Caldono, Piendamó, Puracé, Rosas, Silvia, Timbio and Totoró, therefore is It took as a study area Meseta de Popayan.

The selection of factors as the degree of slope, vegetation cover, soil and precipitation units and restrictive Distances Bodies of Water, Drinking fountains, fault zones, urban area, security area airports and roads, allowed a final map which host eight (8) to evaluate sites, including Los Llanos, Cañagria, Cajibio, Timbio, La Yunga, Cajamarca, Rio Hondo (Sarria) and Los Llanos (cinco vecinos) were selected the latter won highest score in the evaluation.

**KEY WORDS:** Geomatics techniques Multicriteria Evaluation of carrying capacity model, Disposal, Solid Waste, factors, restrictive Distances.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la expansión de la economía basada en el consumo, de la cultura de usar y tirar, la sobrepoblación y de las diferentes actividades humanas modernas, el manejo de los residuos sólidos empezó a convertirse en un verdadero problema, tomando proporciones críticas y generando problemas como contaminación, que acarrear enfermedades y daño al ambiente además de conflictos sociales y políticos.

La problemática ambiental de los residuos sólidos ha tomado fuerza en los últimos años, y se ha reglamentado a través del tiempo su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. La política para la gestión de los residuos sólidos tiene su fundamento en la Constitución Política de Colombia, la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994, siendo reglamentada en el Decreto 1713 de 2002, Decreto 2820 de 2010 y las Resoluciones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 1045 de 2003, 838 de 2005, 1390 de septiembre 27 de 2005 (modificada por la resolución 1684 de 2008, y esta a su vez por la 1529 de 2010 del MAVDT Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial); en esta última se establecen pautas para el cierre de los sitios de disposición final (botaderos a cielo abierto u otros sistemas inadecuados) que no cumplan las obligaciones indicadas en los términos establecidos en la Resolución 1045 de 2003 (M. Noguera & T. Olivero, 2015).

En Colombia, el servicio de aseo es de carácter público y es responsabilidad del Estado. Los rellenos sanitarios como sistemas de disposición final de los residuos sólidos, deben ser proporcionados en principio por las Alcaldías de cada Municipio conforme a la Ley 99 de diciembre 22 de 1993 y el Decreto 1713 de 2002, pero los Municipios pueden contratar con empresas privadas a partir de licitaciones. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) tienen funciones de vigilancia, así como las Contralorías en su papel de Ente de Control Fiscal Ambiental de acuerdo con la Ley 42 de 1993 y el Ministerio Publico (conformadas por las procuradurías,



defensorías del pueblo y personerías) como entes que controlan el buen desarrollo de las funciones estatales, en este caso la correcta prestación de un servicio público (M. Noguera & T. Olivero, 2015).

Actualmente el país, afronta una grave emergencia sanitaria debido al tratamiento inadecuado de los residuos sólidos que han convertido rápidamente los sitios de disposición final en botaderos a cielo abierto, donde no hay un manejo técnico de control adecuado, los cuales han producido grandes afecciones tanto al medio ambiente como a la salud pública, con el agravante de que la mayoría de estos están cumpliendo su vida útil, es el caso del Municipio de Popayán que en la actualidad requiere con urgencia, ubicar un nuevo sitio para la disposición final de los residuos sólidos, ya que el denominado Relleno Sanitario “El Ojito” cumplió su vida útil; como respuesta a esta necesidad se planteó el presente estudio, el cual es una iniciativa que reúne los primeros intentos de implementación de una verdadera metodología basada en la integración de la Geomática y Técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC), con el fin de obtener un modelo de capacidad de acogida regional que facilite la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos, no solo para el Municipio de Popayán sino también para los Municipios de Cajibío, El Tambo, Morales, Sotará, Caldon, Piendamó, Puracé, Rosas, Silvia, Timbio y Totoró, por lo tanto este estudio pretende ser un instrumento derrotero para la planificación y toma de decisiones de los diferentes organismos territoriales encargados de manejar los residuos sólidos del país.

## 1. AREA PROBLEMATICA

Hace más de 10 años, se advirtió que el denominado Relleno Sanitario 'El Ojito', ubicado en el occidente de Popayán vía al El Tambo, no era conveniente depositar más residuos sólidos, algunas de las razones que se destacan, son que la zona aleñada al Relleno Sanitario se había poblado rápidamente (la distancia con la zona urbana estaba a menos de un kilómetro), además por deficientes manejos ambientales, sin embargo la CRC, tras realizar exigencias de mejoras en el manejo de los residuos sólidos, postergó una y otra vez la decisión de cierre definitivo. Pero en el mes de mayo de 2012, a través de una resolución de la autoridad ambiental del Cauca, se determinó que el "tiempo de clausura, cierre y sellado del sitio de disposición final, no podría superar el 6 de abril de 2013". Por lo cual desde esta fecha, SERVIASEO inició las respectivas exploraciones para la creación de un nuevo Relleno Sanitario llamado "Los Picachos", ubicado en la Vereda La Yunga a 30 minutos de la Ciudad de Popayán, este fue el lugar seleccionado para este gran proyecto, al que la CRC le otorgó licencia ambiental para la construcción y operación mediante Resolución 5837 del 28 de agosto de 2014.

Idealmente el Municipio de Popayán debería tener establecido en su Plan de Ordenamiento Territorial POT, áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos, pero este no es el caso, por ello la empresa SERVIASEO inicio exploraciones y estudios para encontrar un área potencial para construir un nuevo relleno sanitario.

La elección del lugar es una de las etapas más importantes a la hora de construir un relleno sanitario, por lo cual surgió esta propuesta metodológica, basada en la integración de la Geomática y Técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC), con el fin de obtener un modelo de capacidad de acogida regional que facilite la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos

futuros de los municipios de Cajibío, El Tambo, Morales, Sotará, Caldonó, Piendamó, Puracé, Rosas, Silvia, Timbio y Totoró.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Identificar áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de los residuos sólidos del Municipio de Popayán.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar factores de localización y distancias restrictivas que bajo consideraciones medio ambientales, técnicas y legales, resulten de mayor relevancia para ubicar sistemas de disposición final de los residuos sólidos.
- Presentar una metodología basada en la integración de la Geomática y las Técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), para obtener un modelo de capacidad de acogida que facilite la identificación de áreas potenciales.
- Realizar una evaluación de las áreas potenciales, mediante una matriz que valora cada uno de los parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, con el fin de establecer un orden de elegibilidad de predios para ubicar el futuro sistema de disposición final de los residuos sólidos.

### **3. JUSTIFICACION**

El tema de la identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos ha sido extensamente abordado en numerosos países del mundo, pero utilizando la Geomatica de manera separada de la Evaluación MultiCriterio (EMC), por lo cual éste estudio es una iniciativa que reúne los primeros intentos de implementación de una verdadera metodología basada en la integración de la Geomática y Técnicas de Evaluación MultiCriterio (EMC); este modelamiento se realiza identificando factores de localización y distancias restrictivas que bajo consideraciones medio ambientales, técnicas y legales, resulten de mayor relevancia para obtener un modelo de capacidad de acogida regional, que facilite la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos, no solo para el Municipio de Popayán, sino también para los Municipios aledaños como Cajibío, El Tambo, Morales, Sotará, Caldono, Piendamó, Puracé, Rosas, Silvia, Timbio y Totoró, además de ser incluidas en los respectivos Planes de Ordenamiento Territorial POT, por lo tanto, éste estudio pretende ser un instrumento derrotero para la planificación y toma de decisiones de los diferentes organismos territoriales encargados de manejar los residuos sólidos del país.

## 4. MARCO TEÓRICO

A Continuación se establece el marco conceptual para la identificación de áreas potenciales para disposición final de los residuos sólidos del Municipio de Popayán.

### 4.1. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES

De acuerdo con (Planeación Municipal - CRC., 2002), Los requerimientos y aspectos necesarios para localizar rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de residuos se establecen a continuación.

#### **Características:**

- **Vida útil del sitio.** El sitio deberá tener una extensión tal que, estimada una rasante de proyecto terminado, se tenga un volumen que pueda recibir desechos sólidos, para cuando menos 10 años de operación del relleno sanitario, es preferible arriba de los 15 años en donde la factibilidad financiera resulta más viable.

Para el cálculo de este volumen se deberá tomar en cuenta la proyección futura de la población y el índice de generación (tasa de incremento anual en la generación percapita).

- **Tierra para Cobertura.** El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en tierra necesaria para su cobertura como 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.

- **Topografía del sitio.** El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto e inicio de cañadas, pequeñas vaguadas o depresiones naturales de cerros.
- **Vías de Acceso.** Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia de la mancha urbana y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.
- **Vientos dominantes.** La ubicación del sitio deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana con el fin de evitar posibles malos olores; aunque si el relleno sanitario opera correctamente, el factor “viento dominante” puede despreciarse.
- **Ubicación del Sitio:** Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio fuera de la mancha urbana, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se pueda usar como área verde.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano a la mancha urbana (2 kilómetros mínimos y 12 kilómetros máximos) ya que se reducen los costos de transporte y se asegura que los problemas operativos (ruidos, tránsito, etc.) no afectarán a la misma.

- **Geología:** Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentarios con características areno-arcillosas son las más recomendables ya que son suelos poco permeables. Por lo cual la infiltración del líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

- **Hidrogeología:** Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Por eso es muy importante realizar un estudio hidrogeológico para conocer la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, así como la dirección y velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

En algunos casos esta información ya existe, con lo cual es factible que no sea necesario realizar el estudio.

- **Hidrología Superficial:** Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.
- **Factibilidad de compra y Costo de terreno.** Una vez realizado todo el análisis técnico es necesario iniciar la gestión de factibilidad de compra de la propiedad y su costo para luego realizar en el terreno más factible la propuesta del área de terreno a comprar, aproximando las terrazas que se pueden conformar para estimar la vida útil del relleno, la cual se calcula con una restitución fotogramétrica a escala de 1:5,000, se elabora una tabla de proyecciones en donde se estima el volumen y área requerida del relleno, si el terreno resulta con una vida útil mayor de 10 años, se le hacen los estudios de campo que son: las características del suelo, cuyo principal objetivo es establecer la permeabilidad, nivel freático y tipo de suelo para realizar cortes, así como la identificación y utilización del material de cubierta.
- **Tenencia de la tierra.** En cualquier hipótesis, un proyecto de relleno sanitario deberá iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno



(Municipio), tenga en sus manos el documento legal que la autorice a construir sobre el terreno el relleno sanitario con todas las obras complementarias, estipulando también el periodo y la utilización futura u opciones.

Es muy usual que el Municipio obtenga, de particulares, el arrendamiento del terreno para el relleno sanitario. En caso de que esto suceda será necesario siempre contar con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes.

En cualquier caso el terreno utilizado para la disposición final de desechos deberá quedar debidamente registrado en el catastro de la propiedad, señalando que será de uso restringido y en ningún caso se permitirá en el futuro la construcción de instalaciones habitables.

- **Analizar el desarrollo del municipio.** Debe consultarse con la secretaria de planeación municipal la delimitación del perímetro urbano, los usos del suelo actuales y futuros, y las áreas de expansión.

#### 4.2. LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL TERRITORIO

Los estudios de capacidad de acogida, están dirigidos a valorar el potencial y las restricciones naturales para la instalación de una actividad o uso del suelo en un territorio. Una vez realizado el inventario del medio físico, el siguiente paso es combinar la información entre sí, mediante otras variables de índole socioeconómica a través de diversos modelos y técnicas. De esta forma, la capacidad de acogida, puede definirse como el grado de idoneidad o cabida que presenta el territorio para una actividad, teniendo en cuenta a la vez la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio (Domingo Gómez, 1992).

Optar por el enfoque del modelo de evaluación de la capacidad de la manera anteriormente expuesta, nos lleva a medir comparablemente la capacidad de los elementos del medio y distintos factores, considerados en cada punto del territorio

como una relación entre su aptitud y vulnerabilidad, con relación a unos usos concretos. Con ello se llega a los conceptos de aptitud (grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el que es evaluado)<sup>1</sup> e impacto (efectos negativos producidos por una determinada actuación sobre los elementos del medio o sobre los distintos factores considerados). Incluimos por ser conveniente para el carácter de nuestra evaluación el concepto de Restricción (delimitación entre las alternativas reales, las alternativas incompatibles por motivos naturales o normativos)<sup>2</sup>.

#### 4.3. LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)

La Evaluación MultiCriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es “investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflictos”. Según eso es posible “generar soluciones compromiso y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción” (Janssen & Rietveld, 1999).

La toma de decisiones MultiCriterio se puede entender como un “mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decidores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la teología: objetivos metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad” (Colson & De Bruyn, 1989).

---

<sup>1</sup>(Gómez Delgado & Barredo Cano, 2006) hace una definición de la aptitud del territorio para recibir una actividad determinada como el conjunto de requisitos localizacionales que debe poseer un lugar para poder acoger una determinada actividad. Apunta también que la aptitud varía a medida que varían los factores del medio o las clases de factores, estableciéndose así un rango de aptitudes para una actividad en un territorio dado.

<sup>2</sup> Entre las alternativas resultantes de la evaluación deben excluirse aquellas zonas en las que no puede desarrollarse las actividades o usos considerados por motivos técnicos intrínsecos al medio, de uso actual, o desde el punto de vista de la legislación ambiental o sectorial aplicable. Por ejemplo, no se puede desarrollar un uso urbanístico sobre un espacio natural protegido en el que por normativa se prohíben estos usos.

#### 4.3.1. Método de Jerarquías Analíticas de Saaty (Analytical Hierarchy Process, AHP)

El Método de las Jerarquías Analíticas (MJA) parte de establecer una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar, así se establece una matriz de comparación entre pares de factores, comparando la importancia de uno sobre cada uno de los demás (*aij*). Posteriormente se determina el vector propio (eigenvector) principal, el cual establece los pesos (*Wj*), estos pesos también se conocen como ranking u orden de prioridad de los factores y el vector valor (eigenvalor) que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Saaty T. , 1980).

La escala de medida<sup>3</sup> establecida para la asignación de los juicios de valor (*aij*) es una escala de tipo continuo (cocientes) que va desde un valor mínimo de 1/9 hasta 9, definida por Saaty T., citado por (Gómez Delgado & Barredo Cano, 2006), respectivamente, como extremadamente menos importante (1/9) hasta extremadamente más importante (9), indicando el valor 1 igualdad en la importancia entre pares de factores.

Basándonos en esta escala (Ver Tabla 1), podemos asignar a cada par de factores (*aij*) un juicio de valor de importancia relativa frente a una actividad propuesta. Se hace notar que en el presente estudio se diseñaron las encuestas, repartidas a los expertos, con esta escala.

**Tabla 1. Escala de medida establecida para la asignación de juicios de valor**

Intensidad	Definición	Explicación
9	Extremadamente importante	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.
7	Fuertemente importante	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
5	Moderadamente importante	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra.
3	Ligeramente importante	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo.
1/3	Ligeramente menos importante	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.

<sup>3</sup> De esta forma es posible integrar el pensamiento lógico con los sentimientos, la intuición (que es reflejo de la experiencia), etc. Los juicios que son ingresados en las comparaciones por pares responden a estos factores.

1/5	Moderadamente importante	menos	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra.
1/7	Fuertemente importante		Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
1/9	Extremadamente importante	menos	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.

**Fuente:** (Saaty T. , 1997)

**Nota:** Los valores intermedios 2, 4, 6 y 8, son usados como valores de consenso entre dos juicios.  
 Los valores recíprocos 1/2, 1/4, 1/6 y 1/8.

El procedimiento que se utilizará en este estudio para obtener el eigenvector principal consiste en primer lugar, en obtener los valores de la matriz de comparación normalizados por columnas, así, el valor normalizado para cada celda se obtiene a partir del cociente entre cada valor ( $a_{ij}$ ) y el valor de la sumatoria de cada columna. Posteriormente los valores normalizados se suman por filas, obteniendo así el eigenvector principal, el cual se normaliza dividiendo cada uno de los valores de dicho vector entre  $n$  (número de factores), obteniéndose de esta manera el eigenvector principal normalizado que representa los pesos ( $W_j$ ) de cada factor.

La Evaluación de la Valoración es el paso siguiente a la obtención del eigenvector principal, la cual es uno de los aspectos más importantes e interesantes del MJA, esto diferencia al método de los demás de asignación de pesos, ya que indica un dato cuantitativo acerca de la consistencia en la asignación de los juicios de valor. Es decir, igual que en otros métodos, la asignación de los juicios de valor, aunque se base en criterios sólidamente establecidos, siempre conlleva una cuota más o menos importante de incertidumbre o subjetividad, ya que en todo proceso de decisión humano estos factores son inevitables.

Así, este procedimiento permite el cálculo del eigenvalor máximo, a través del cual se establece una medida operativa de consistencia en la asignación de los juicios de valor ( $a_{ij}$ ), lo que también permite reconsiderar dicha asignación en caso de que no se considere consistente. El valor que ofrece este procedimiento para el cálculo de la consistencia es la razón de la consistencia (consistency ratio, c.r.), dicho valor se establece a partir del cociente entre el valor del índice de consistencia (consistency index, c.i) y el índice aleatorio (random index, r.i.) (c.r. =

c.i. / r.i.), concretándose así que para valores de c.r. mayores o iguales a 0,10 los juicios de valor deben ser revisados, ya que no son lo suficientemente consistentes para establecer los pesos ( $w_j$ ). Si por ejemplo el c.r. es inferior a 0,10 podemos considerar satisfactorios los juicios de valor asignados. El ci es un valor obtenido a partir del eigenvalor máximo ( $\lambda_{MAX}$ ) de la manera siguiente:  $C_i = (\lambda_{MAX} - n) / (n - 1)$  Siendo n el número de factores en la matriz de comparación, mientras que el valor del eigenvalor máximo ( $\lambda_{MAX}$ ) se obtiene a partir del producto del vector propio principal normalizado por la matriz de comparación de factores, obteniendo así un nuevo vector, en el cual se divide cada uno de sus componentes entre su correspondiente vector propio principal normalizado. Obteniéndose un segundo nuevo vector, en el cual se suman sus componentes y se dividen posteriormente entre n, obteniendo así el eigenvalor máximo ( $\lambda_{MAX}$ ) que se utiliza en la estimación de la consistencia como un reflejo de la proporcionalidad de las preferencias implícitas en los juicios de valor asignados, así, cuanto más próximo sea  $\lambda_{MAX}$  a n, más consistente será el resultado de la matriz de comparación (Gómez Delgado & Barredo Cano, 2006).

Por otra parte, el ri representa el índice de consistencia de una matriz recíproca generada aleatoriamente a partir de una escala del 1 al 9, con juicios de valor recíprocos y diagonal = 1. En relación con la consistencia en la asignación de pesos, podemos partir de una abstracción teórica para conocer lo que sería consistencia perfecta, esto es, suponiendo una matriz en la cual los factores representan determinados objetos con pesos o medidas exactos, a partir de los cuales podríamos establecer una proporcionalidad igualmente exacta, para cada par de objetos.

#### 4.3.2. Sumatoria lineal ponderada (Weighted Linear Combination- WLC)

Se trata de uno de los métodos más empleados en este tipo de evaluaciones por ser sencillo, intuitivo y fácil de implementar. La obtención del nivel de adecuación

de cada alternativa se halla sumando el resultado de multiplicar el valor de cada criterio por su peso:

$$r_i = \sum_{j=1}^n (w_j * v_{ij})$$

Dónde:

**r<sub>i</sub>** : es el nivel de adecuación de la alternativa i.

**w<sub>j</sub>** : es el peso del criterio j.

**v<sub>ij</sub>** : es el valor normalizado de la alternativa i en el criterio j.

**n**: número de criterios involucrados en la investigación

#### 4.4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

A continuación se establecen algunas generalidades necesarias para el desarrollo del presente estudio, ya que a partir de éstas se realizará un análisis para seleccionar las áreas que por cuyas características ofrezcan las mejores condiciones para ubicar el nuevo sitio de disposición final.

##### 4.4.1. Área y localización geográfica

El área de estudio se estableció tomando un buffer de 25 kms desde el perímetro urbano del Municipio de Popayán, en intersección con el límite de la Meseta de Popayán, el cual arrojó un área total de 81.101 hectáreas (Ver Figura 1). Geográficamente se localiza al suroccidente de Colombia en el Altiplano de Popayán<sup>4</sup> también conocido como Meseta de Popayán o Formación Popayán, entre las coordenadas mínimas 02° 21' 56.983" de latitud y 76° 48' 40.339" de longitud y las coordenadas máximas 02°40'51.006" de latitud y 76°30'40.721" de longitud. Administrativamente comprende parte de varios Municipios del Departamento del Cauca como Cajibío, El Tambo, Piendamó, Popayán, Sotará, Timbio y Totoró.

---

<sup>4</sup> La Meseta de Popayán, es una planicie elevada en el valle interandino situado entre las Cordilleras Central y Occidental a lo largo del Río Cauca, la cual hace parte de la Cuenca Alta del Río Cauca.

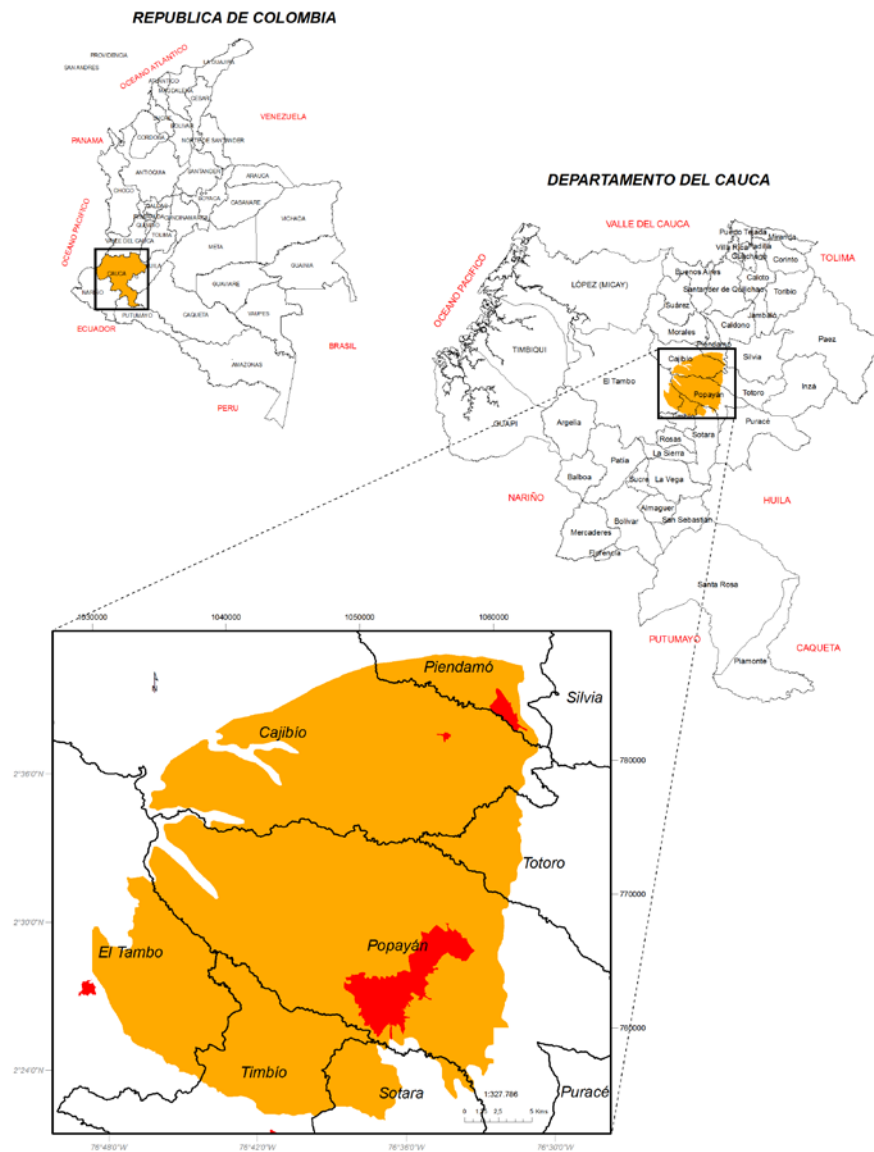
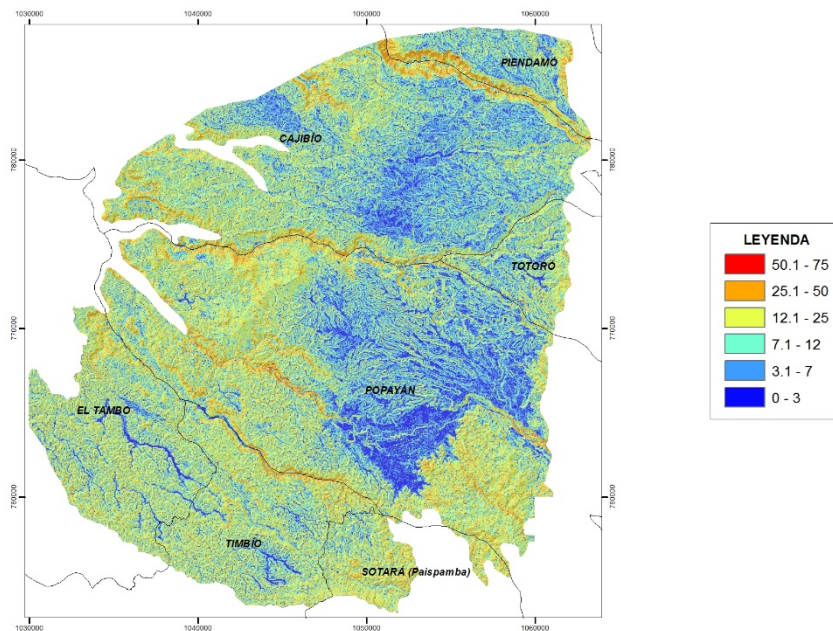


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

#### 4.4.2. Relieve, topografía e hidrografía

El área de estudio presenta un relieve ondulado en su mayor parte, seguido de zonas ligeramente onduladas y ligeramente quebradas, en menor proporción zonas relativamente planas en una franja circundante al Río Cauca que incluye el Área Urbana de Popayán (Ver Mapa 1).

Las altitudes de la zona varían entre unos 1410 msnm cerca a orillas del Río Cauca en el extremo occidental, hasta unos 2316 msnm en la parte más alta del sector sur en el piedemonte del flanco occidental de la Cordillera Central en la Vereda La Esperanza.



**Mapa 1. Grado de la pendiente**

La principal corriente que drena esta área es el Río Cauca que la atraviesa en sentido oriente-occidente. También numerosos tributarios del río surcan ambos sectores de la misma. En el sector norte el drenaje principal es el Río Piendamó, en el sector centro está el Río Palacé, en el sector sur están el Río Cauca, Río hondo, Río piedras y Río Negro; los drenajes principales que inciden en el Área Urbana de Popayán son el Río Molino, el Río Ejido, la Quebrada Puelenje y Pubús y la Quebrada Las Chozas, las cuales tienen una dirección predominante hacia el Noreste.

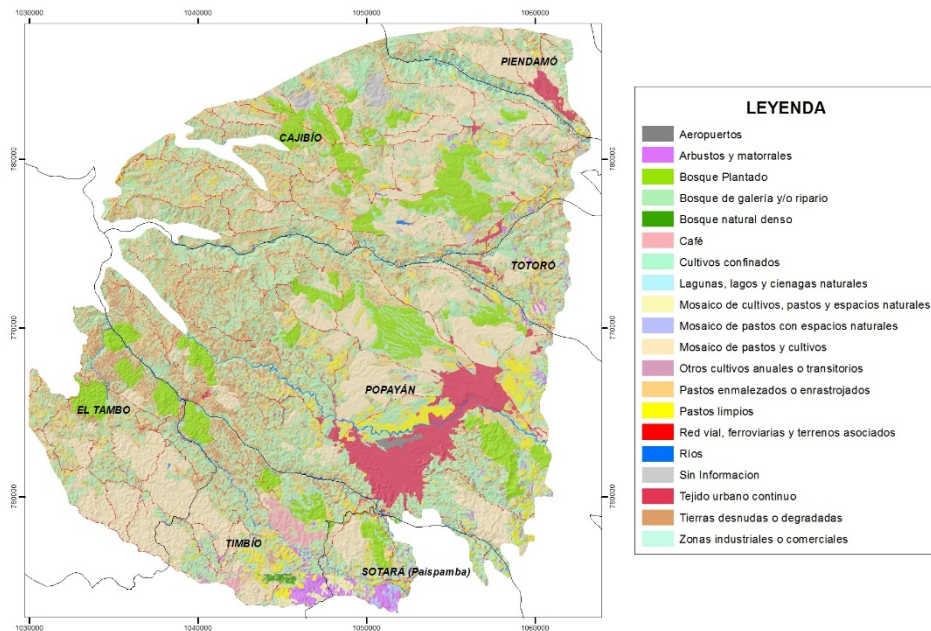
#### 4.4.3. Cobertura vegetal de la tierra

La cobertura de la tierra describe todo lo dispuesto en la superficie de la tierra, la vegetación, el agua y las construcciones artificiales que son definidos por la



ocupación del suelo de un lugar determinado. Según el grado de transformación se podrá diferenciar en cobertura natural, hídrica, antrópica o intervenida y cultural (IGAC, 2005).

En el área de estudio, la cobertura que más predomina corresponde a Pastos (pastos enmalezados o enrastrados y pastos limpios) seguido de Bosques (Bosque plantado, Bosque denso y Bosque de galería y/o ripario) medianamente seguido de tierras desnudas o degradada y de tipo antrópica (red vial, ferroviarias y terrenos asociados, tejido urbano continuo, aeropuertos y zonas industriales o comerciales), y en menor proporción se encuentran los Cultivos (mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, otros cultivos anuales o transitorios, cultivos confinados y café) y por último los Cuerpos de agua (lagunas, lagos y ciénagas naturales y ríos) (Ver Mapa 2)

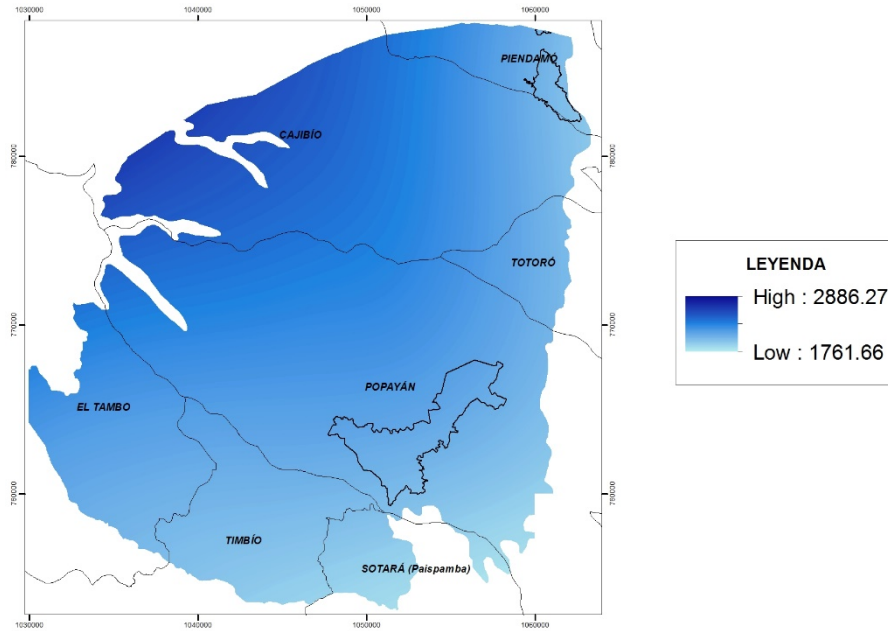


Mapa 2. Cobertura vegetal de la tierra

#### 4.4.3.1. Precipitación media multianual en mm

Para el análisis integral de las variables climáticas se tuvo en cuenta la información suministrada de 27 estaciones climatológicas y pluviométricas

distribuidas a lo largo de la Meseta de Popayán y su zona de influencia (Ver Mapa 3), dichas estaciones se encuentran entre los 1300 y los 3478 msnm.



La distribución espacial de la precipitación en el área de estudio, presenta un comportamiento ascendente en sentido noroccidente con valores máximos de 2886.27 mm y mínimos de 1761.66 mm, en cuanto a la distribución temporal de la precipitación, presenta un régimen de lluvias bimodal bien definido, en donde la primera temporada de lluvias del año comprende los meses de marzo, abril y mayo, la cual es seguida de una temporada seca iniciando el mes de junio y se extiende hasta mediados del mes de septiembre, siendo el mes de Junio en donde se presentan las más bajas precipitaciones en la zona, de igual manera se presenta la segunda temporada lluviosa la cual se presenta con mayor intensidad que la primera temporada de lluvias del año, siendo octubre y noviembre los meses con más altas precipitaciones del año, presentando una intensidad de precipitación promedio de 158,10 mm en el mes. Finalmente se presenta la segunda temporada de baja precipitaciones que se inicia a partir del mes de diciembre hasta el mes de febrero.

#### 4.4.3.2. El Viento

De acuerdo con (Planeación Municipal - CRC., 2002), el viento tiene importancia entre otras cosas por su acción en la dispersión de contaminantes y en la desecación de los suelos. Su dirección predominante permite definir áreas críticas de amenazas por incendio. En este sentido interesa conocer el viento dominante y la frecuencia de las direcciones y velocidades.

En el Municipio de Popayán, se tiene registros solamente de la estación del Aeropuerto Guillermo León Valencia que son valiosas para el Altiplano de Popayán y la Meseta de Popayán.

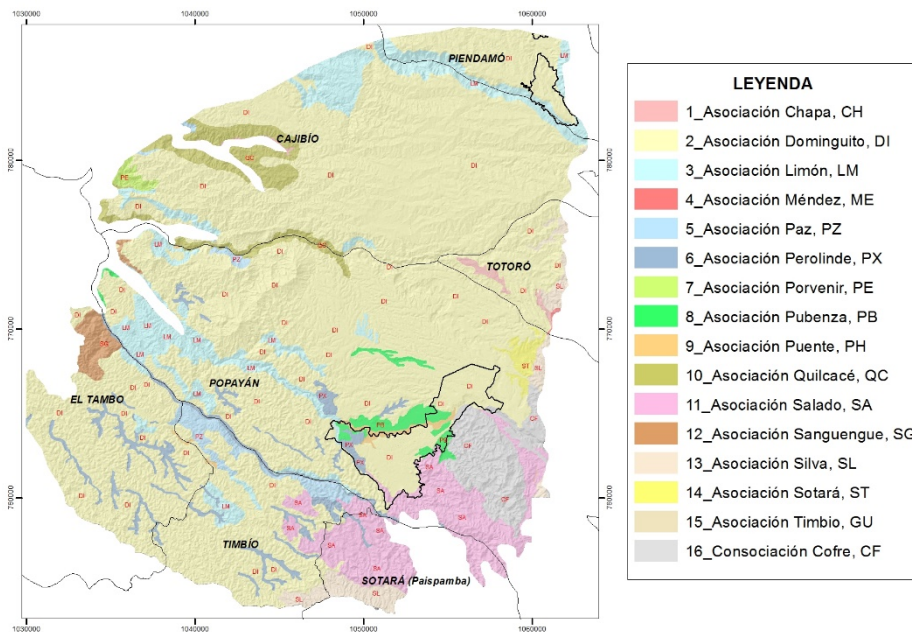
Los vientos dominantes proceden del sureste. El valor máximo multianual es de 5.5 m/s, y el mínimo multianuales de 0.27 m/s.

Es importante tener en cuenta que en el área de estudio se presentan en el mes de agosto, remolinos de fuerte intensidad, ocasionados por la influencia de las corrientes cálidas húmedas que provienen del Valle del Patía y la Costa Pacífica respectivamente.

#### 4.4.4. Descripción general de los suelos

Según la (CRC, 2009), Los suelos del área de estudio y en general de La Meseta de Popayán se han formado a partir de la interrelación de distintos procesos. En gran parte son el resultado de la acumulación de materiales volcánicos, arrojados por la dinámica de los volcanes del área de influencia, formando capas de diferentes espesores que permanentemente sufren procesos de transformación ocasionados por factores como el clima, los organismos, material parental; originando los suelos volcánicos del orden taxonómico Andisols; otros se han formado por depósitos de materiales de origen aluvial coluviales que han sido trasladados desde las partes altas por las fuentes hídricas, o por efectos de la gravedad. De acuerdo con la génesis y evolución, La Meseta de Popayán

presenta suelos relativamente jóvenes y poco evolucionados, son ricos en cenizas volcánicas, de texturas franco arenosas y en menor proporción franco arcillosas, dándole a estos suelos buenas condiciones físicas para el desarrollo radicular de la vegetación, retención de humedad y manejo, no obstante son muy susceptibles al deterioro cuando son explotados mediante prácticas de uso y manejo inadecuadas, repercutiendo en la pérdida de la capacidad de retención de los fluidos hasta llegar a desaparecer, convirtiéndose en suelos endurecidos, altamente erosionables. Las lluvias y las bajas temperaturas ayudan a la acumulación de materia orgánica, acidificación, lavado de suelos y pérdida de su capacidad productiva. A continuación se describen los diferentes tipos de suelo que se hayan dentro del área de estudio (Ver Mapa 4).



Mapa 4. Unidades de suelo (Permeabilidad del terreno)

#### 4.4.4.1. Asociación Chapa (Fluventic Humitropept) CH

Esta asociación se localiza en alturas de 1600 a 2000 msnm, en el Municipio de Totoró, se presenta en mayor proporción en la Vereda Florencia y en menor proporción en las Veredas Novirao y Palacé, con extensión aproximada de 249

has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0 y 12 grados derivados de Material coluvio aluvial y en algunos casos de cenizas volcánicas transportadas por corrientes de agua, de texturas franco arenosas, presentan colores pardos y pardo amarillento, reacción ligeramente ácida, carbón orgánico normal a pobre.

El paisaje de la unidad tiene relieve ligeramente plano a ligeramente ondulado con pendientes de 0 y 12 grados, la profundidad efectiva es superficial a moderadamente profunda limitada por gruesas capas de gravilla, cascajo y piedra. Son suelos bien drenados aunque algunos son susceptibles a inundaciones ocasionales.

#### 4.4.4.2. Asociación Dominguito (Typic Dystrandept) DI

Esta asociación se localiza en alturas de 1450 a 1950 msnm, cubriendo casi en su totalidad el área de estudio, con extensión aproximada de 60285 has, en el Municipio de Popayán se presentan en los Corregimientos de Cajete, Calibío, El Charco, El Tablón, Figueroa, Julumito, La Meseta, La Rejoja, La Yunga, Las Mercedes, Las Piedras, Los Cerillos, Puelenje, Samanga, San Bernardino, San Rafael, Santa Rosa y Zona Urbana. En el Municipio de Totoró en las Vereda Buena Vista, Florencia, Novirao y Santa Ana. En el Municipio de Cajibío en los Corregimientos de La Cohetera-Propiedad, Campo Alegre, Casas Bajas, El Carmelo, El Rosario, El Túnel, La Capilla, La Venta y Pedregosa. En el Municipio de Piendamó en las Veredas Alto Piendamó, Bella Vista, Corrales, El Agrado, El Carmen, Farallones, La Florida, La Primavera, Los Alpes, Media Loma, Nueva Primavera, San Isidro, Villa Mercedes y Zona Urbana. En el Municipio de Timbío en la Vereda Marta y pequeñas áreas en el Municipio de Sotará en la Vereda Los

Robles. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino, dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a quebrado con pendientes entre 0 y 50 grados, la asociación corresponde al sistema de colinas del Altiplano de Popayán. El material parental está constituido por cenizas volcánicas depositadas en capas de espesores variables entre 1 y 8 m, los suelos presentan un color pardo oscuro en los primeros horizontes y en los subyacentes pardo amarillentos, texturas franca arenosa, estructura en los primeros horizontes granular en los subsiguientes en bloques subangulares medios. Químicamente presentan un pH ácido, Saturación de Aluminio (%) alta, Bajo contenido de Fósforo (ppm). son suelos profundos que tienen buen drenaje.

#### 4.4.4.3. Asociación Limón (Oxic Dystropept) LM

Esta asociación se localiza en alturas de 1400 a 2000 msnm. En el Municipio de Popayán se localiza en los Corregimientos de Cajete, El Charco, El Tablón, Figueroa, Julumito, La Meseta, La Yunga, Las Mercedes, Los Cerrillos, Puelenje, San Bernardino y San Rafael. En el Municipio de Piendamó se localizan en las Veredas Altamira, Bella Vista, Farallones y Los Alpes y Veredas que se localizan a orillas del Río Piendamó como Alto Piendamó, La Primavera, Nueva Primavera, Once De Noviembre, San Isidro y Zona Urbana. En el Municipio de Cajibío se localiza en mayor proporción en la Vereda La Cohetera – La Prosperidad, y en menor proporción en las Veredas Campo Alegre, El Rosario, El Túnel, La Capilla y Pedregosa. En el Municipio de Timbío en la Veredas Marta. En el Municipio de El Tambo en el Corregimiento Zarzal, con extensión aproximada de 6246 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a quebrado con pendientes entre 0 y 50 grados, los cuales se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas muy evolucionadas y de arcillas de dacitas, filitas, anfibolitas y metabasaltos, de color superficial gris oliva, y subyacentes amarillos parduscos, Horizonte superficial gris oliva, y subyacentes amarillos parduscos, fuertemente ácidos, de texturas franco arcillo-arenosas. Estas cenizas recubrieron parcialmente, y en capas delgadas a los materiales primarios. Químicamente presentan alta saturación de aluminio intercambiable bajo contenido de fósforo.

Son suelos profundos y bien a excesivamente drenados. Los colores dominantes subyacentes son amarillos pardusco y pardo fuerte con textura franco arcillo-arenosas y arcillosas. Son suelos susceptibles a la remoción en masa, debido principalmente a la baja cohesión del material subyacente. Presenta alta saturación de aluminio intercambiable (mayores de 75 grados) que les confiere extremada acidez con la consiguiente fijación de fósforo y como consecuencia una baja fertilidad. Los primeros 80 cm de profundidad tienen altos contenidos de carbón orgánico.

#### 4.4.4.4. Asociación Méndez (Dystric Cryiandept) ME

Esta asociación se localiza en alturas de 1850 a 1900 msnm, en el Municipio de Totoró, se presenta en las Veredas Novirao y Palacé con extensión aproximada de 21 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque Andino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente ondulado a ondulado con pendientes entre 3 y 12 grados, derivados de capa delgada de cenizas volcánicas cubriendo total o parcialmente andesitas, esquistos, diabasas y basaltos, Horizonte superficial de color gris muy oscuro y los

subyacentes pardo fuerte, fuertemente ácidos, alto contenido de carbón orgánico en todo el perfil, bajas saturaciones totales. La mayor parte de los suelos son superficiales, bien drenados caracterizados por una alta capacidad de retención de humedad, limitados en todos los casos por la presencia de material geológico, son frecuentes los afloramientos rocosos en los sectores más escarpados. En general la unidad tiene ligera a moderada erosión, evidenciada por deslizamientos localizados y solifluxión.

#### 4.4.4.5. Asociación Paz (Typic Dysrandept) PZ

Esta asociación se localiza en alturas de 1450 y 1800 msnm, cubriendo pequeñas áreas en el Municipio de Popayán en los Corregimientos de Santa Rosa y Las Mercedes, en el Municipio de Cajibío en las Veredas de Casas Bajas y El Rosario y en mayor proporción en el Municipio de Timbío en Vereda Marta, con extensión aproximada de 1026 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Suelos de relieve ligeramente plano a quebrado con pendientes entre 0 y 50 grados, derivados de cenizas volcánicas cubriendo rocas ígneas diabásicas y basálticas, metadiabasas y metabasaltos, Altos contenidos de carbono orgánico, reacción medianamente ácida, fuerte a ligeramente ácida, los contenidos de aluminio de intercambio disminuyen con la profundidad, la reacción Ca/Mg es equilibrada.

#### 4.4.4.6. Asociación Perolinde (Aquic Dysrandept) PX

Esta asociación se localiza en alturas de 1450 y 1900 msnm, en el Municipio de Popayán cubre pequeñas áreas de los Corregimientos de Cajete, Figueroa, San Bernardino, La Meseta y Las Mercedes; En el Municipio de El Tambo en los



Corregimientos de Zarzal, Piagua, Los Anayes y Cabecera Municipal y áreas pequeñas en el Municipio de Satará en la Vereda Alto Moreno, con extensión aproximada de 2623 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, el material parental es heterogéneo, compuesto de sedimentos aluviales, cenizas volcánicas y algunas acumulaciones de materiales orgánicos vegetales, de colores oscuros, texturas franco arenosas, estructura granular. Químicamente presentan un pH ácido, Saturación de Aluminio (%) media, Bajo contenido de Fósforo (ppm).

Geomorfológicamente estos suelos se caracterizan por ser esteros ligeramente planos con pendientes de 0 a 3 grados. Son muy superficiales a moderadamente profundos, limitados en todos los casos por el nivel freáticos cercano a la superficie y por los encharcamientos prolongados; drenaje natural de muy pobre a imperfecto.

#### 4.4.4.7. Asociación Porvenir (Lithic Ustropept) PE

Esta asociación se localiza en alturas de 1550 a 1700 msnm, en el Municipio de Cajibío, se presentan en mayor proporción en el Corregimiento de El Rosario y en menor proporción en el Corregimiento de Campo Alegre, con extensión aproximada de 251 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, el material parental de estos suelos está constituido por

conglomerados, aglomerados, arcillas rojas y cenizas volcánicas (materiales característicos de la Formación Popayán), los cuales recubrieron parcialmente materiales sedimentarios como areniscas, limolitas, arcillolitas, conglomerados cuarzosos y aglomerados, fuertemente ácidos, bajos contenidos de carbono orgánico.

Los suelos de esta unidad son bien a excesivamente drenados, superficiales a moderadamente profundos, limitados por la presencia de material rocoso. En general son suelos rojos y de texturas variables, desde moderadamente gruesas a finas.

La unidad está compuesta por los Conjuntos Porvenir (Lithic Ustropept) y Rocas (Ustoxic Humitropept)

#### 4.4.4.8. Asociación Pubenza (Typic Humitropept) PB

Estos suelos se localizan entre 1450 a 1800 m, en el Municipio de Popayán se presentan en los Corregimientos de San Bernardino y en menor proporción en el Corregimiento de Cajete y márgenes del Río Cauca en el Corregimiento de Los Cerrillo, con extensión aproximada de 886 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque Andino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, derivados de materiales aluviales cubiertos por cenizas volcánicas de color oscuros en los primeros horizontes y en los subyacentes pardo amarillentos, textura franco arenosa, estructura granular en los primeros horizontes en los subyacentes en bloques subangulares moderados y medios; la profundidad efectiva es variable, de superficial a moderadamente profunda, limitada en la mayoría de los casos, por la presencia de gruesas capas gravilla, cascajo y piedras. Además hay pequeños

sectores con piedra en la superficie; el drenaje natural de la unidad es bueno y sus suelos no están afectados por la erosión. Químicamente presentan un pH ácido, Saturación de Aluminio (%) media, Bajo contenido de Fósforo (ppm).

#### 4.4.4.9. Asociación Puente (Oxic Dystrandep) PH

Esta asociación se localiza en alturas de 1400 y 1750 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en las márgenes de los Ríos Hondo, Corregimiento de Figueroa y El Charco, Río Cauca, Corregimiento de San Bernardino, Río Las Piedras, Corregimiento de Santa Bárbara, Río Blanco, Corregimiento de Las Piedras, Calibío y La Rejoja y Río Palacé, Corregimiento de Calibío y Las Piedras. En el Municipio de El Tambo en el Corregimiento Los Anayes, Los suelos de esta asociación hacen su aparición en los valles de los ríos que recorren el Altiplano de Popayán, conforman una delgada faja de suelos susceptibles, algunos de ellos a inundaciones ocasionales, con extensión aproximada de 350 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0 y 12 grados, el material parental está conformado por capas de cenizas volcánicas de color oscuro, de reacción fuertemente ácida, alto contenido de materia orgánica, altas bases totales, alta capacidad de intercambio catiónico y de sedimentos aluviales, en el primer caso, las cenizas descansan sobre rocas fragmentadas formando capas de cascajo y piedras. Los horizontes más profundos de los colores son grises, tendiendo a la gleización. Las texturas varían ampliamente, con dominancia de los francos arenosos y arenosas gruesas.

Son suelos de profundidad efectiva profunda a muy superficial y algunos sectores cubiertos con roca en la superficie.

#### 4.4.4.10. Asociación Quilcacé (Typic Dys tradept) QC

Esta asociación se localiza en alturas de 1400 y 1750 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en las márgenes del Río Piedras en los Corregimientos de Quintana y Las Piedras, en el Municipio de Totoró en los Corregimiento de Campo Alegre, Casa Bajas, El Rosario y La Capilla, con extensión aproximada de 2215 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, el material aluvial fue parcialmente sepultado por delgadas capas de cenizas volcánicas de las cuales se originaron los suelos de esta unidad, de textura franca Horizonte de color gris muy oscuro, reacción muy fuertemente ácida, alta saturación de aluminio de cambio, muy alto contenido de carbón orgánico.

La profundidad efectiva de los suelos es superficial, limitada en todos los casos por gruesas capas de cascajo y piedra. El drenaje natural es bueno y sus suelos son poco afectados por procesos de degradación. Hay sectores con pedregosidad superficial que limita el uso.

#### 4.4.4.11. Asociación Salado (Typic Dysrandept) SA

Esta asociación se localiza en alturas de 1700 a 2300 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en los Corregimientos de El Sendero, Samanga y Santa Barbará. En el Municipio de Timbío en Vereda Marta. En el Municipio de Sotará en las Veredas El Crucero, Alto Moreno y Los Robles, con extensión aproximada de 5130 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en los pisos bioclimáticos Bosque SubAndino y Bosque Andino y dentro de la

provincia climática Templado Húmedo y Frio Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, evolucionados a partir de cenizas volcánicas, depositados sobre rocas metamórficas (esquistos) su profundidad efectiva es moderadamente profunda a profunda. Colores muy oscuros en los primeros horizontes y pardo oscuro en los horizontes subyacentes, mediana capacidad de intercambio catiónico, mediana saturación de bases, alto contenido de carbono orgánico, fuerte a mediana.

Son suelos con muy alto contenido de carbón orgánico. Además la reacción es de muy fuerte a ligeramente ácida los contenidos de aluminio disminuyen con la profundidad, desde 90% en el primer horizonte a 35% en el segundo. La relación calcio magnesio es equilibrada.

#### 4.4.4.12. Asociación Seguengue (Ustic Dystropept) SG

Esta asociación se localiza en alturas de 1450 a 1750 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en el Corregimiento de Los Cerrillos. En el Municipio de El Tambo en la Veredas Los Anayes y Zarzal, con extensión aproximada de 1288 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino, dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, el sustrato geológico está constituido por areniscas, arcillolitas, conglomerados, pequeñas áreas con filitas, metabasaltos y esquistos. La mayor parte de estos suelos se han desarrollado a partir del material primario y el resto de cenizas volcánicas que se presentan en capas relativamente delgadas. Suelos con alto contenido de aluminio

intercambiable con altos contenidos de carbono orgánico. Colores pardo amarillentos y rojizos.

Los limitantes de esta unidad están relacionados con la profundidad efectiva que varía de superficial a profunda, siendo la más frecuente la moderada, limitada por altos contenidos arcillosos, texturas gruesas o material geológico rocoso, el drenaje natural es bueno a excesivo, la erosión presente en esta unidad es severa a ligera, conservándose procesos hídricos, laminar y surquillos, reptación (pata de vaca, nicho de deslizamiento y algunas cárcavas).

#### 4.4.4.13. Asociación Silvia (Typic Dystrandept) SL

Esta asociación se localiza en alturas de 1750 a 2250 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en los Corregimientos de Santa Barbará y La Piedras. En el Municipio de Totoró en las Veredas de Norivao, Buena Vista y Santa Ana. En el Municipio Sotará en las Veredas Sachacoco y Poblaceña, con extensión aproximada de 1414 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en los pisos bioclimáticos Bosque SubAndino y Bosque Andino, dentro de la provincia climática Templado Húmedo y Frio Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Suelos de relieve ligeramente plano a ligeramente quebrado con pendientes entre 0 y 25 grados, el material parental de estos suelos, está constituido por cenizas volcánicas que descansa sobre rocas ígneas volcánicas, especialmente andesitas, basaltos y diabasas. En las laderas de pendientes fuertes, mayores del 50%, se observan suelos desarrollados a partir de las citadas rocas ígneas. Altos contenidos de carbono orgánico, reacción medianamente ácida, fuerte a ligeramente ácida, los contenidos de aluminio de intercambio disminuyen con la profundidad, la reacción Ca/Mg es equilibrada.

La profundidad efectiva varia de superficial a muy profunda, limitada algunas veces por la roca continúa. Son suelos de alta a mediana capacidad de

intercambio cationico de muy alto a alto contenido de carbón orgánico en los horizontes superiores y muy bajo en los inferiores; la reacción es medianamente ácida con 5,7 y 5,9.

#### 4.4.4.14. Asociación Sotará (Typic Dystrandept) ST

Esta asociación se localiza en alturas de 1800 y 1950 msnm, en el Municipio de Popayán se presentan en los Corregimientos Calibío y Las Piedras, con extensión aproximada de 410 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino, dentro de la provincia climática Templado Húmedo y Frio Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), Suelos de relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0 y 12 grados, el material parental de estos suelos está constituido por cenizas volcánicas que recubrieron a diferentes materiales ígneos, volcánicos y metamórficos entre ellos andesitas, basaltos, diabasas, filitas, esquistos, micáceos, cloróticos y cuarcíticos, regularmente tienen varias capas sepultadas de materiales volcánicos. Los suelos presentan color gris oliva, y subyacentes amarillos parduscos, texturas franco arcillo arenosas, estructura en bloques angulares finos moderados. Químicamente presentan un pH ácido, Saturación de Aluminio (%) muy alta en horizontes superiores en los subyacentes baja, Bajo contenido de Fósforo (ppm).

Las texturas son variables entre franco arenoso, franco arcilloso arenosas y franco arcillosas, influenciadas siempre por gravillas y cascajo. Además es frecuente la presencia de rocas en la superficie. Suelos mediana a ligeramente ácidos, se hacen menos ácidos con la profundidad (pH 5.6, 6.4); altos a muy altos contenidos de carbón orgánico en los primeros 100 cm muy bajos en bases totales.

#### 4.4.4.15. Conjunto Timbío (Andic Humitropept) GU

Este conjunto se localiza en alturas de 1900 a 1950 msnm, en el Municipio de Cajibío, se presentan en el Corregimiento de El Túnel con extensión aproximada de 16 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de la provincia climática Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Este Conjunto hace parte del gran Conjunto Dominguito (Typic Dystrandept), al igual que los Conjuntos Tambo (Typic Dystropept) y Rejoya (Entic Dystrandept), y presenta suelos de relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0 y 12 grados, de cenizas volcánicas sobre rocas ígneas y parcialmente rocas metamórficas de colores gris muy oscuros, pardo oscuro en los horizontes superiores, reacción fuertemente ácida, relación ca/mg invertida, carbono orgánico alto en el horizonte superior y bajo en los inferiores.

#### 4.4.4.16. Consociación Cofre (Oxic Dystrandept) CF

Esta consociación se localiza en alturas de 1750 a 2200 msnm, en el Municipio de Popayán se presenta en mayor proporción en el Corregimiento de Santa Bárbara y en menor proporción en los Corregimientos El Sendero, Samanga, Poblazón, Las Piedras y área urbana, con extensión aproximada de 2678 has. Según la clasificación de zonas de vida de Cuatrecasas se encuentra en el piso bioclimático Bosque SubAndino y dentro de las provincias climáticas Frio Húmedo y Templado Húmedo según el sistema de clasificación climática Caldas-Lang.

Según (Planeación Municipal - CRC., 2002), son suelos de relieve ligeramente plano a ondulado con pendientes entre 0 y 25 grados; derivados de cenizas volcánicas que descansan sobre materiales metamórficos (filitas, anfibolitas, cuarcitas) y metabasaltos. Son suelos moderadamente profundos limitados algunas veces por sustratos geológicos. Son de color pardo oscuro en los



primeros horizontes y en los subyacentes pardo amarillentos, texturas franco arenosas, Químicamente presentan un pH muy ácido, Saturación de Aluminio (%) muy alta, Bajo contenido de Fósforo (ppm).

Estos suelos se caracterizan por su reacción fuerte a medianamente ácida, alta capacidad de intercambio catiónico y saturación de aluminio intercambiable de 60% en el horizonte superior.

#### 4.4.5. Vías de acceso

Para ubicar adecuadamente un sitio para la disposición final de RS es necesario tener en cuenta las vías de acceso, ya que al no existir haría inviable el proyecto desde el punto de vista económico, debido a que se necesitaría construir nuevos y largos caminos en algunos casos.

De esta manera el área de estudio tiene como accesos principales la Vía Panamericana hacia Cali y las Vías que conducen a El Tambo y a Puracé, estas vías están bien pavimentadas y en buen estado.

De la Vía Panamericana se desprenden varias vías que se internan en esta Área; en el caso del Municipio de Popayán corresponden a la Variante de Popayán y a la transversal Nueve hacia el occidente; la vía que conduce a la Hacienda Cajibío y a La Rejoja hacia el norte; y la vía que conduce a la Vereda Lamé, hacia el sur.

De la vía a El Tambo, al occidente de Popayán se desprende la vía que conduce a Julumito, existen además, otras vías menores y veredales que facilita el acceso al sector norte de esta área.

## 5. METODOLOGIA

A continuación se presenta la metodología para la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos.

### 5.1. MODELO CONCEPTUAL

El primer paso consiste en definir el esquema metodológico de la herramienta, el cual representa la metodología a través de un flujograma o esquema metodológico que muestra las secuencias operacionales que se aplicarán sobre las entidades iniciales del SIG, hasta llegar a niveles o capas temáticas concluyentes (Ver Figura 2).

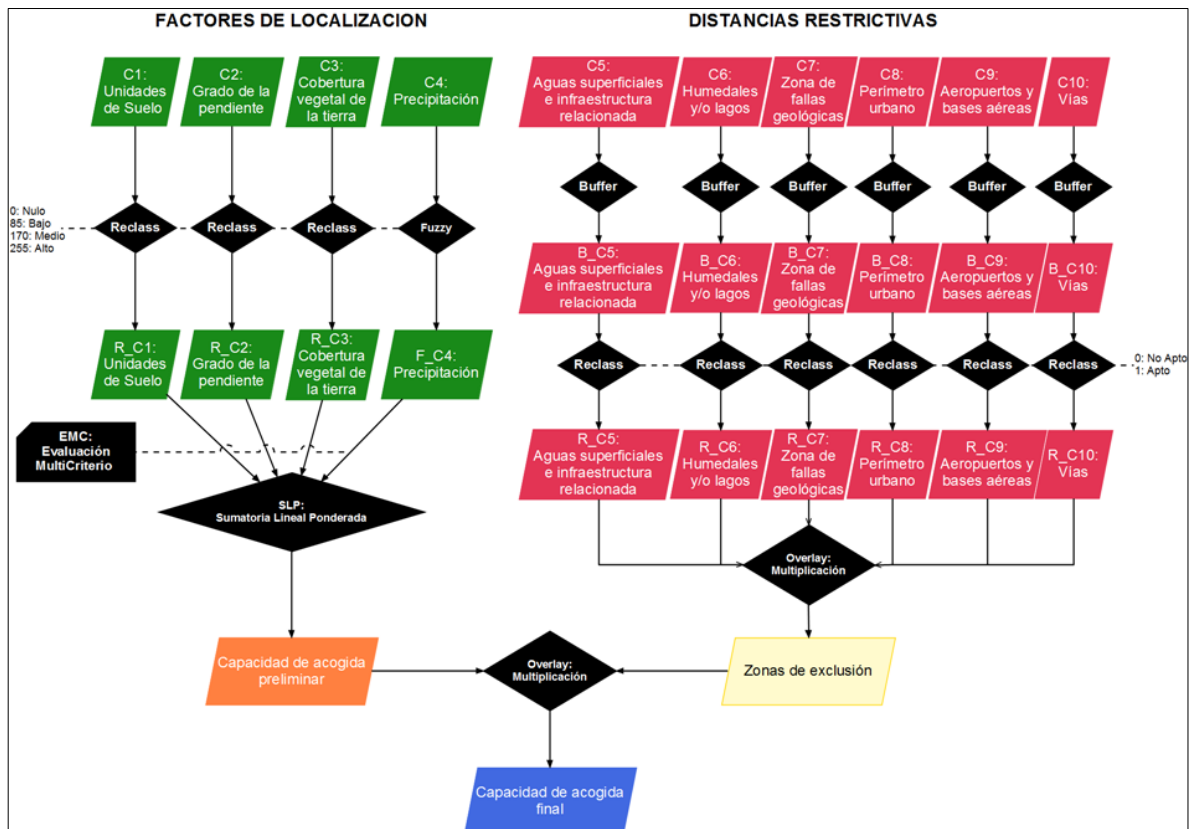


Figura 2. Flujograma operacional

### 5.1.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Definido el esquema metodológico, se procedió a recopilar la información cartográfica temática y estadística requerida, procedente de diferentes estudios realizados sobre la Meseta de Popayán (Ver Tabla 2), procurando recopilar la mejor información tanto en formato digital como en formato análogo, teniendo siempre en cuenta el año de producción, institución desarrolladora, escala de elaboración, etc., alguna información no fue posible localizarla por lo cual fue necesario elaborarla.

**Tabla 2. Insumos cartográficos**

No.	Cobertura cartográfica	Escala	Fecha	Fuente de localización
1.	Mapa base	1:25.000	2000	Plan de manejo del Complejo de humedales de la Meseta de Popayán
1.1.	Curvas de nivel	1:10.000	2000	Plan de manejo del Complejo de humedales de la Meseta de Popayán
1.2.	Vías	1:10.000	2000	Plan de manejo del Complejo de humedales de la Meseta de Popayán
1.3.	Límites municipales	1:25.000	2006	Corporación Autónoma Regional del Cauca
1.4.	Ríos quebradas y humedales	1:10.000	2000	Plan de manejo del Complejo de humedales de la Meseta de Popayán
1.6.	Aeropuerto "Guillermo León Valencia"	1:20.000	2001	POT del Municipio de Popayán
1.7.	Perímetro Urbano	1:20.000	2001	POT del Municipio de Popayán
1.8.	Estaciones Climatológicas	1:25.000	2001	IDEAM
2.	Unidades de suelo	1:50.000	1996	IGAC
2.1.	Unidades de suelo	1:50.000	2002	Plan de manejo del Complejo de humedales de la Meseta de Popayán
3.	Fallas geológicas	1:25.000	2014	Zonificación de amenazas por movimientos en masa del Municipio de Popayán
4.	Modelo digital de elevación, SRTM	Rel. 5 m	2014	Proyecto SIMCI y rectificada por Geospacial
5.	Cobertura vegetal	1:10.000	2006	Geospacial, 2014

Fuente: Propia, 2015.

### 5.1.2. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA PRELIMINAR

A continuación se presentan los factores de localización para la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos.

#### 5.1.2.1. Selección de criterios: Factores de Localización

Un "factor" es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración. Por lo tanto, se mide comúnmente

en una escala continua (Eastman, 2012), desde 0 (no apta) a 255 (apta), indicando la menor o mayor aptitud del píxel para que se localice el uso analizado.

La ubicación de un sistema de disposición final, provoca en el medio ambiente un impacto más o menos importante dependiendo de la instalación y el medio donde se ubique. Por ello es fundamental que se definan aquellos factores ambientales más importantes, y se valore la idoneidad del terreno en función del impacto que puede provocar la instalación.

Lo ideal sería contar cartográficamente con todos factores anteriormente descritos, pero sabemos anticipadamente que en muchos casos esto no es posible, entonces lo que se debe hacer es contar con algunos factores que sean claves que involucren directamente o indirectamente otros factores.

Cada una de estas coberturas temáticas son convertidas a formato raster con resolución de 5 metros, tras este proceso se procede a su normalización por reclasificación y por pertenencia difusa.

#### 5.1.2.2. Normalización y valoración de las categorías de los factores de localización

Las puntuaciones en los atributos son normalizadas a efectos de eliminar problemas de cálculo originados por las diferentes escalas y/o unidades empleadas en la matriz de decisión. La normalización no siempre es necesaria, pero si es esencial en la mayoría de los métodos compensatorios. El propósito es el de obtener escalas comparables, lo que permitirá realizar comparaciones intra-atributos así como inter-atributos. En consecuencia, las puntuaciones normalizadas no tienen unidades de dimensión y para el caso de atributos de beneficios, cuanto mayor sea la puntuación normalizada, mayor es la preferencia del mismo. Una de las opciones más utilizadas podría ser el ajuste lineal, mediante el que se reescalan los valores originales entre unos límites mínimo y máximo, o los basados en funciones de pertenencia a un conjunto borroso, sin

embargo, debido a la naturaleza (escala nominal) de algunos de los factores considerados y con objeto de no perder el control de las magnitudes se decidió finalmente clasificar y valorar previamente cada factor.

Este paso conlleva un proceso de disminución de la ambigüedad y de la dificultad de manejo de las variables, ya que por lo general se procede a transformar los datos de una escala nominal a una ordinal.

#### 5.1.2.3. Proceso de Evaluación Multicriterio (EMC)

La aplicación de estas técnicas en el ámbito de la Geomática requiere que cada variable o factor temático deben ser estructurados como una matriz, en la cual los criterios ocupan las filas de la matriz y las alternativas propias de cada criterio ocuparán las columnas (Barredo, 1999).

#### 5.1.2.4. Sumatoria lineal ponderada (SLP)

Se optó por la utilización del método de la Sumatoria Lineal Ponderada (WLC–Weighted Linear Combination), por ser uno de los métodos más empleados en este tipo de evaluaciones, por ser sencillo, intuitivo y fácil de implementar en SIG que trabajan con datos ráster.

El procedimiento es optimizado para una mayor velocidad y tiene el efecto de multiplicar cada factor por su peso y luego sumar los resultados.

#### 5.1.3. ZONAS DE EXCLUSION

A continuación se presentan las zonas de exclusión para la identificación de áreas potenciales para la disposición final de los residuos sólidos.

#### 5.1.3.1. Selección de criterios: Distancias restrictivas (Contrain)

Las restricciones corresponden a un cierto tipo de criterio que restringe o limitan en forma permanente la disponibilidad de un sitio para la evaluación de las alternativas. Las restricciones son expresadas en forma de mapas (Lógicos) Booleanos (0/1): en el cual el valor 1, indica aquel lugar candidato para cierta actividad, y el valor 0 que indica la anulación total de dicho sector para la actividad evaluada, es decir son zonas que se excluyen del análisis o pueden ser máscaras gráficas que pueden corresponder al fondo no útil de la imagen, a categorías de usos del suelo incompatibles con la analizada, o bien a las clases o intervalos de aquellas variables significativas donde se ha comprobado la ausencia justificada de dicha categoría. Por ello, algunas de las restricciones son comunes a diversas categorías, mientras que otras son específicas del uso analizado.

El objetivo es evitar que ninguno de los sitios candidatos se localice próximo a los lugares de residencia de la población o sobre zonas naturales protegidas, pero tampoco sobre infraestructuras más relevantes ya existentes en el territorio.

#### 5.1.3.2. Buffer

Una vez establecidas las distancias restrictivas, se procedió a convertir cada una de las coberturas temáticas a formato raster con resolución de 5 metros.

#### 5.1.3.3. Reclasificación

De esta manera se establecieron restricciones a partir de distancias y también a partir de reclasificación, otorgándoles un nuevo valor (0/1) en función de su aceptabilidad al vertido.

#### 5.1.3.4. Multiplicación

Como última etapa, se obtiene el mapa de zonas de exclusión realizando una multiplicación a través de álgebra de mapas con cada una de las distancias restrictivas resclasificadas.

## 6. RESULTADOS

A Continuación se presentan los resultados obtenidos del presente estudio.

### 6.1. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA PRELIMINAR

A Continuación se definen los factores de localización para la identificación de áreas potenciales para disposición final de los residuos sólidos.

#### 6.1.1. Selección de criterios: Factores de localización

Se han estudiado todos los factores que pueden verse afectados por la ubicación de las diferentes instalaciones (estación de transferencia, planta de recuperación de materiales, plantas de recuperación energética, plantas de biotratamiento y vertederos), como resultado de la consulta de una extensa bibliografía y toda la normativa aplicable a nivel nacional, se ha obtenido un total de 15 factores a considerar, en la Tabla 3 se da una relación de los mismos y de las variables que los definen.

**Tabla 3. Relación de factores de localización y variables**

Factores de localización	Variable de Valoración
1. Áreas inundables	Consideración o no como área inundable
2. Aguas subterráneas	Espesor de la zona no saturada
3. Grado de la pendiente	Inclinación en % del terreno
4. Precipitación	Volumen de precipitaciones
5. Litología	Grado de autodepuración de lixiviados, riesgo de deslizamiento
6. Permeabilidad del terreno	Grado de permeabilidad
7. Riesgo sísmico	Nivel de riesgo sísmico
8. Cobertura vegetal de la tierra	Existencia de riqueza forestal
9. Patrimonio arqueológico e histórico	Existencia de patrimonio
10. Impacto visual	Inclusión o no en la cuenca visual
11. Aeropuertos	Distancia a aeropuertos
12. Usos del suelo	Calificación del suelo
13. Costos de expropiación/Cambio de uso del suelo	Costo
14. Accesibilidad a productores	Costo
15. Densidad de población	Densidad a población vulnerable

Fuente: Propia, 2015.

El número de factores a considerar y las escalas de medida aplicables a cada uno de ellos, depende del tipo de instalación que se desee ubicar (por ejemplo, para el factor “núcleos habitados” las distancias mínimas a los núcleos serán distintas si



se trata de un vertedero o de una estación de transferencia). Tanto los factores como las escalas los deberá establecer el usuario y viene determinada por su experiencia y por la legislación. En la Tabla 4 se establecen los factores de localización seleccionados para el presente estudio.

**Tabla 4. Factores de localización a considerar**

Factores de localización		Criterio optimo
<b>C1</b>	Unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno)***	Suelos sedimentarios con características arcillosas
<b>C2</b>	Grado de la pendiente	3° y 12°
<b>C3</b>	Cobertura vegetal de la tierra***	Suelos desnudos o zonas con un porcentaje menor al 40% de vegetación arbustiva.
<b>C4</b>	Precipitación	Área de menor pluviosidad

Fuente: (\*\*\*) (Saavedra Valeriano, 2015)

### 6.1.2. Normalización y valoración de las categorías de los factores de localización

Para el presente estudio se tomó una escala estándar como método de asignación, donde dependiendo de la capacidad de acogida, se asigna a cada criterio diferentes valores que oscilan entre 0 a 255, por ejemplo 0 es Nula, 85 es Baja, 170 es Media y 255 es Alta (Ver Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7), una vez asignado los valores a cada uno de los atributos de los de factores de localización, se procedió a realizar una reclasificación (Ver Figura 4 y Figura 5).

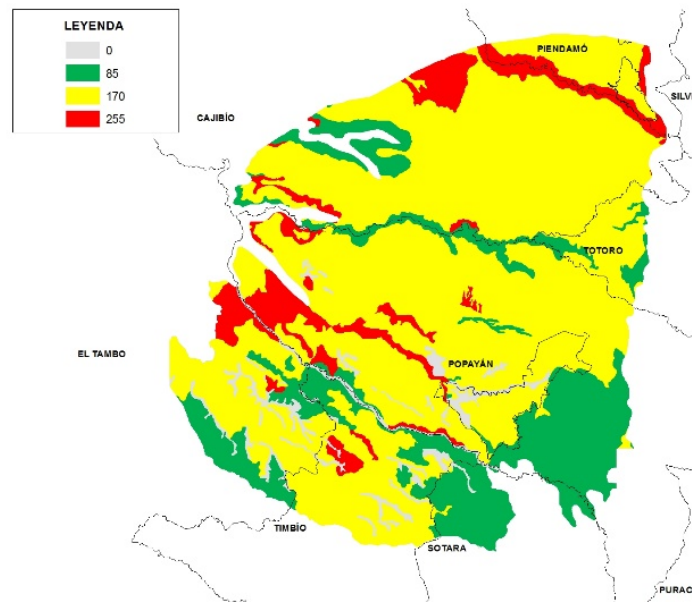
**Tabla 5. Asignación de valores por reclasificación, factor C1: Unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno)**

Unidad	Código	Textura	Valor asignado (aij)
Consociación Cofre	CFa	Franco arenosa	85
	CFb	Franco arenosa	85
	CFc	Franco arenosa	85
	CFd	Franco arenosa	85
	CFe	Franco arenosa	85
	CFf	Franco arenosa	85
Asociación Chapa	CHa	Franco arenosa	85
	CHb	Franco arenosa	85
Asociación Dominguito	Dla	Franco arcillosa	170
	Dlb	Franco arcillosa	170
	Dlc	Franco arcillosa	170
	Dld	Arcillo limosa	170
	Dle	Franco arenosa	85
	Dlf	Franco arenosa	85
Asociación Timbio	GUb	Arcillosa	255
Asociación Limón	LMd	Arcillosa	255
	LMe	Arcillosa	255
	LMf	Arcillosa	255
	LMg	Franco arcillosa	170
Asociación Méndez	MEc	Franco arcillosa	170

Unidad	Código	Textura	Valor asignado (aj)
Asociación Pubenza	PBa	Franco arcillo arenosa	170
	PBb	Franco arenosa	85
	PBc	Franco arenosa	85
Asociación Porvenir	PEc	Franco arcillo arenosa	170
Asociación Puente	PHa	Franco arenosos y arenosas gruesas	0
Asociación Perolinde	PXa	Franco arenosos y arenosas gruesas	0
Asociación Paz	PZe	Arcillosa	255
	PZf	Franco arenosas	85
Asociación Quilcacé	QCb	Francas	85
Asociación Salado	SAb	Francas	85
	SAc	Francas	85
	SAd	Francas	85
	SAe	Francas	85
Asociación Sanguengue	SGd	Arcillosa	255
	SGe	Franco arenosa	255
Asociación Silva	SLd	Franco arcillosa	170
	SLe	Franco arcillosa	170
	SLf	Francas	85
	STa	Franco limosa	170
Asociación Sotará	STb	Franco limosa	170

Fuente: Propia, 2015.

Figura 3. R\_C1: Mapa reclasificado de unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno)

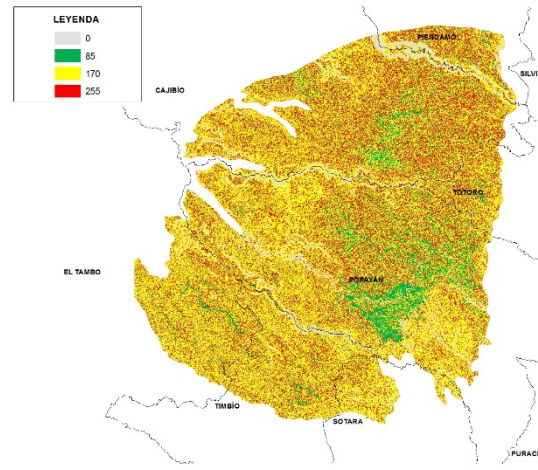


**Tabla 6. Asignación de valores por reclasificación, factor C2: Grado de la pendiente**

Criterio	Valor asignado (aj)
50 – 75	0
25 – 50	0
12 – 25	170
7 – 12	255
3 – 7	170
0 – 3	85

Fuente: Propia, 2015.

**Figura 4. R\_C2: Mapa reclasificado de Grado de la pendiente**

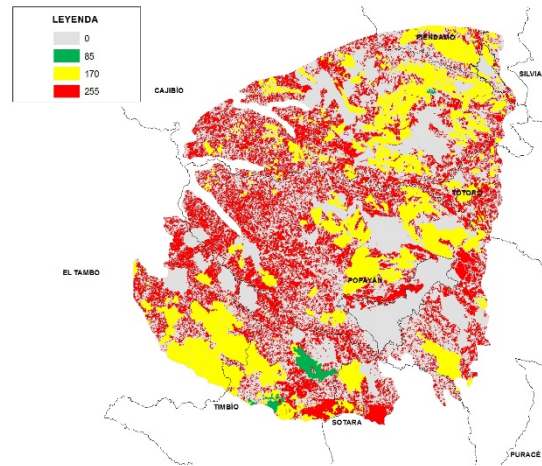


**Tabla 7. Asignación de valores por reclasificación, factor C3: Cobertura vegetal de la tierra**

Criterio	Valor asignado (aj)
Aeropuertos	0
Arbustos y matorrales	255
Bosque Plantado	0
Bosque de galería y/o ripario	0
Bosque natural denso	0
Café	85
Cultivos confinados	85
Mosaico de pastos con espacios naturales	255
Mosaico de pastos y cultivos	170
Otros cultivos anuales o transitorios	85
Pastos enmalezados o enrastrados	255
Pastos limpios	255
Ríos	0
Sin Información	0
Tejido urbano continuo	0
Tierras desnudas o degradadas	255
Zonas industriales o comerciales	0

Fuente: Propia, 2015.

**Figura 5. R\_C3: Mapa reclasificado de Cobertura vegetal de la tierra**



Para el caso del factor de Precipitación (C4), no se le asignaron valores por reclasificación, sino que se realizó una estandarización de la información usando una función de pertenencia difusa lineal monotónicamente decreciente, en una escala de 0-255 (Ver Figura 6), es decir, esta operación invierte los valores del mapa de precipitación y asigna nuevos valores pero en una escala continua de 0 a

255, donde 0 es la zona con mayor precipitación y 255 a la zona con menor precipitación (Ver Figura 7).

Figura 6. Función de pertenencia difusa

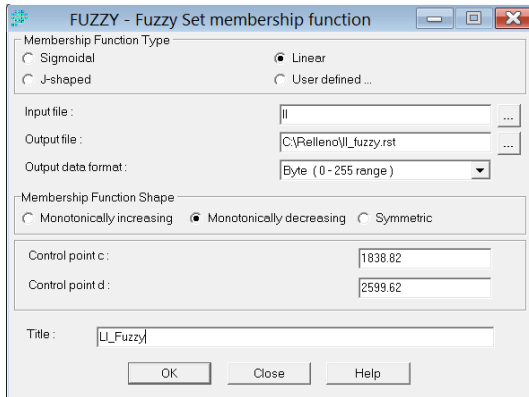
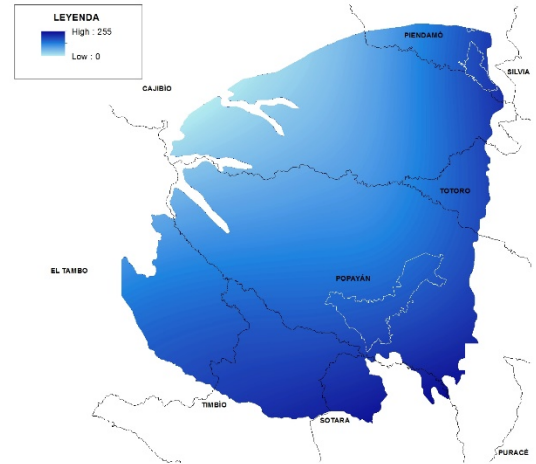


Figura 7. F\_C4: Mapa de precipitación con pertenencia difusa



### 6.1.3. Proceso de Evaluación MultiCriterio (EMC)

En el presente estudio se utilizó el Método de Jerarquías Analíticas (MAJ) propuesto por Saaty. La finalidad es comparar la importancia de uno de los factores sobre cada uno de los demás ( $a_{ij}$ ), para posteriormente determinar el eigenvector principal, el cual establece los pesos ( $w_j$ ); y el eigenvalor que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Ver Tabla 8).

La asignación de los juicios de valor fue realizada apoyándose en la opinión y entrevistas con expertos en el tema del estudio.

Tabla 8. Matriz de comparación por pares, Factores de localización

Factor	Grado de la pendiente	Precipitación	Unidades de Suelos (Permeabilidad del terreno)	Cobertura vegetal de la tierra	Peso ( $w_j$ )
Grado de la Pendiente	1	2/1	3/1	1	0,140
Cobertura vegetal de la tierra		1	3/1	1	0,200
Unidades de Suelos (Permeabilidad del terreno)			1	3	0,495
Precipitación				1	0,165

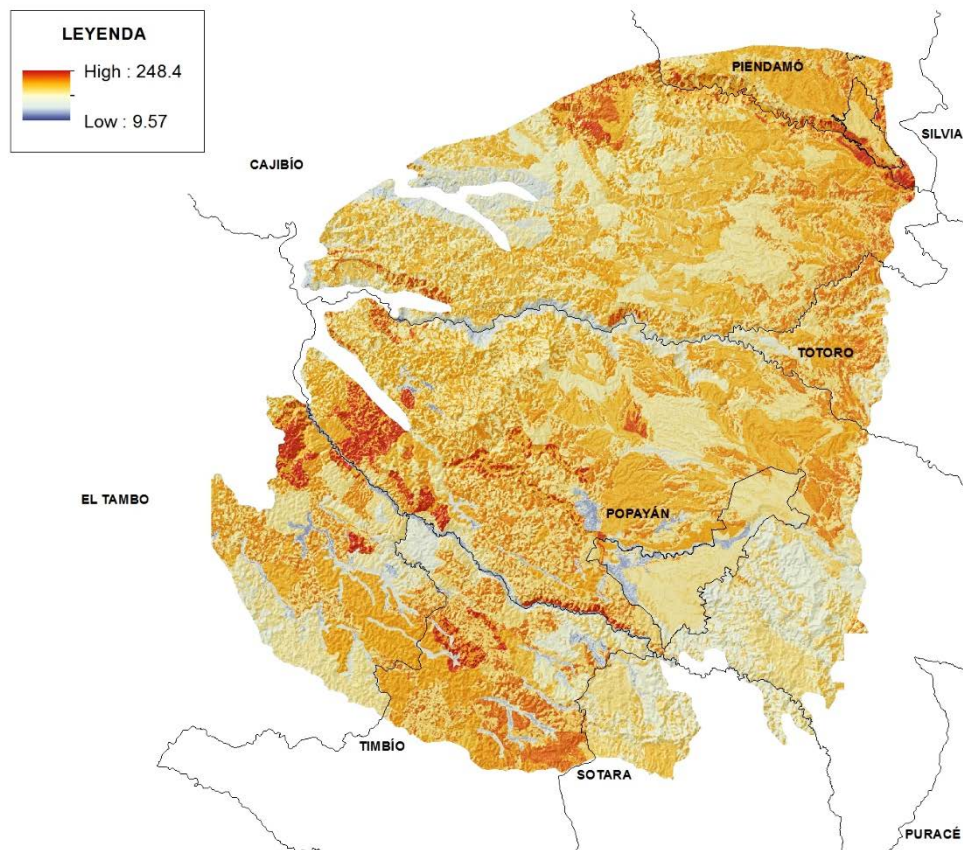
c.r: 0,02

#### 6.1.4. Sumatoria Lineal Ponderada (SLP)

Los valores (ri) más altos, indican las áreas con mayor potencial para ubicar un sistema de disposición final de los residuos sólidos, la ecuación empleada fue la siguiente:

$$r_i: ([R\_Suelos] * 0,495) + ([R\_Cobertura\ vegetal] * 0,200) + ([R\_Precipitacion] * 0,165) + ([R\_Pendientes] * 0,140)$$

De esta manera se obtuvo el mapa de capacidad de acogida (preliminar), en el cual los valores de los píxeles fluctúan en una escala de 0 a 255, donde 0 corresponde a las zonas no aptas y 255 corresponde a las zonas aptas, para el caso fluctúan entre 9,57 y 248,4 (Ver Mapa 5).



Mapa 5. Capacidad de acogida preliminar

## 6.2. MAPA ZONAS DE EXCLUSION

A Continuación se describen las zonas de exclusión para la identificación de áreas potenciales para disposición final de los residuos sólidos.

### 6.2.1. Selección de criterios: Definición de las Restricciones (Restraint)

Evitando que ninguno de los sitios candidatos se localice próximo a los lugares de residencia de la población o sobre zonas naturales protegidas, infraestructuras más relevantes existentes en el territorio, entre otras; se consiguió recopilar una importante cantidad de información sobre las restricciones más frecuentes de nuestro mundo urbanizado (Ver Tabla 9).

**Tabla 9. Restricciones (Contraint)**

Restricción	Área de seguridad en metros
1. Zona de fallas geológicas*	60 metros cuando ha experimentado un desplazamiento del sitio desde los últimos 10000 años
2. Perímetro urbano	1000 m
3. Viviendas rurales**	100 m
4. Aeropuertos y bases aéreas*	Aviones con motor a turbina = 2800 m Aviones con motor a pistón = 1400 m
5. Vías de comunicación	Distancia a carreteras: 100
6. Línea de costa	Distancia a la línea de costa en metros
7. Líneas de ferrocarril	Distancia al ferrocarril en metros
8. Zonas industriales	100 m
9. Patrimonio arqueológico e histórico o Parques o reservas naturales	200 m
10. Espacios naturales protegidos	200 m
11. Equipamientos sociales sensibles	Centros educativos, hospitales, centros comerciales y centros para personas mayores: 200 m
12. Instalaciones molestas y peligrosas	Depuradoras; líneas de tensión, centros penitenciarios; estaciones de transferencia de residuos sólidos urbanos; vertederos; gasolineras; depósitos de combustible; centro de gestión de residuos peligrosos; gasoductos y oleoductos: 100 m
13. Áreas inundables	Consideración o no como área inundable
14. Aguas superficiales e infraestructura relacionada	Aguas superficiales = 50 metros a partir de su orilla Corrientes superficiales = 50 metros a partir del centro del cauce.
15. Masas de agua	Humedales y/o lagos = 30
16. Fuentes de agua potable*	pozos en operación o en abandono, manantiales, o cualquier fuente superficial o subterránea de abastecimiento hídrico: 500 m
17. Humedales y/o lagos	30 metros
18. Vías	100 metros

Fuente: (\*) (MINVIVIENDA, 2000)

(\*\*) (Franco Maass, 2014)

De esta manera se establecieron las distancias restrictivas seleccionadas que se aplicaran para el presente estudio (Ver Tabla 10).

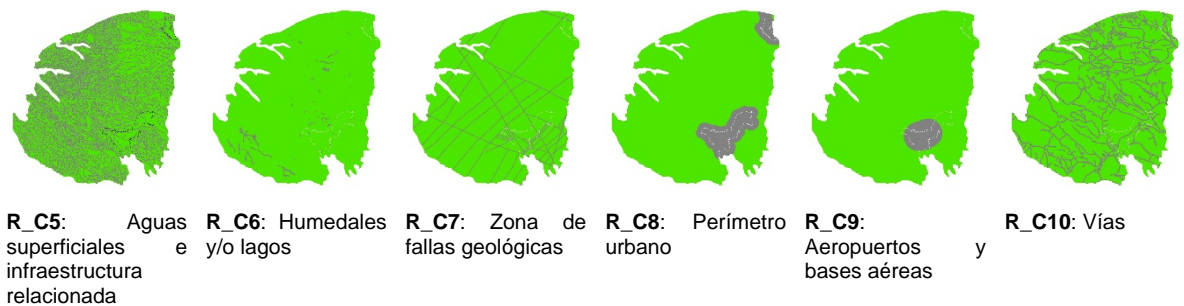
**Tabla 10. Distancias restrictivas seleccionadas**

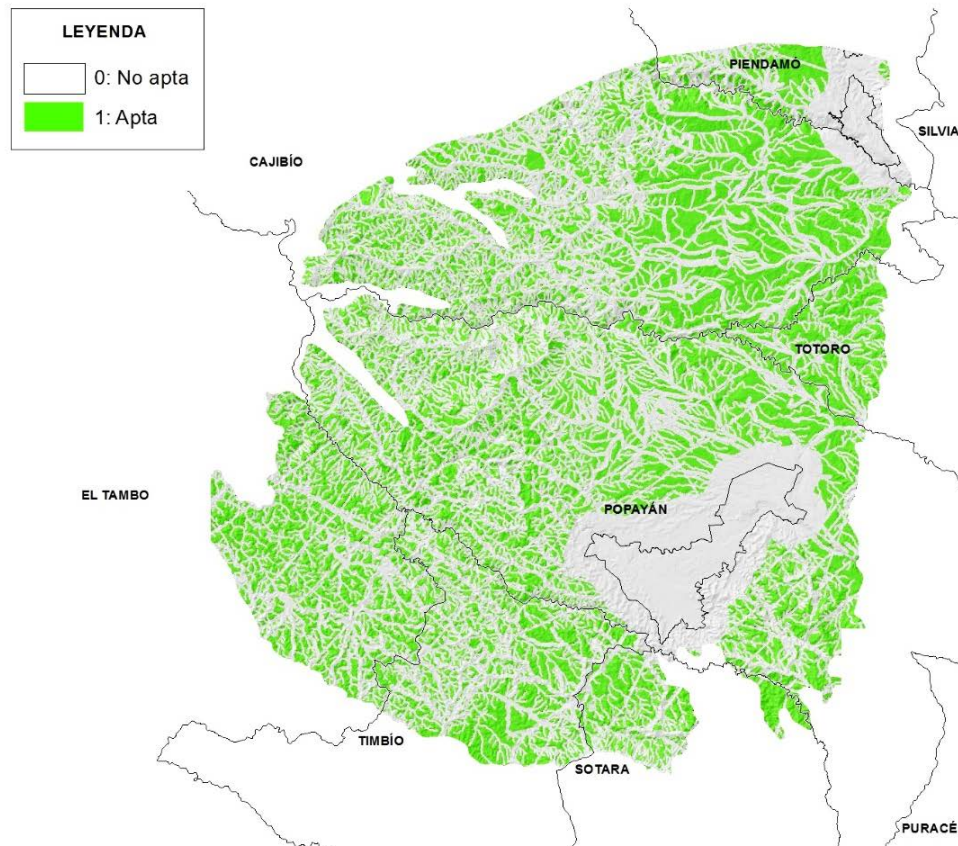
Criterio		Restricción
<b>C5</b>	Aguas superficiales e infraestructura relacionada	Aguas superficiales = 50 metros a partir de su orilla Corrientes superficiales = 50 metros a partir del cauce.
<b>C6</b>	Humedales y/o lagos	30 metros
<b>C7</b>	Zona de fallas geológicas*	60 metros cuando ha experimentado un desplazamiento del sitio desde los últimos 10000 años
<b>C8</b>	Perímetro urbano*	1000 metros
<b>C9</b>	Aeropuertos y bases aéreas*	Aviones con motor a turbina = 2800 metros Aviones con motor a pistón = 1400 metros
<b>C10</b>	Vías	100 metros

Fuente: (\*) (MINVIVIENDA, 2000)

Una vez establecidas las distancias restrictivas, se procedió a convertir cada una de las coberturas temáticas a formato raster con resolución de 5 metros. De esta manera se establecieron restricciones a partir de distancias y también a partir de reclasificación, otorgándoles un nuevo valor (0/1), en función de su aceptabilidad al vertido (Ver Figura 8). Luego de esta reclasificación, se realizó a través de álgebra de mapas una multiplicación de todas las coberturas temáticas restrictivas, con el fin de obtener el mapa final de distancias restrictivas o zonas de exclusión (Ver Mapa 6).

**Figura 8. Mapas reclasificados de distancias restrictivas**



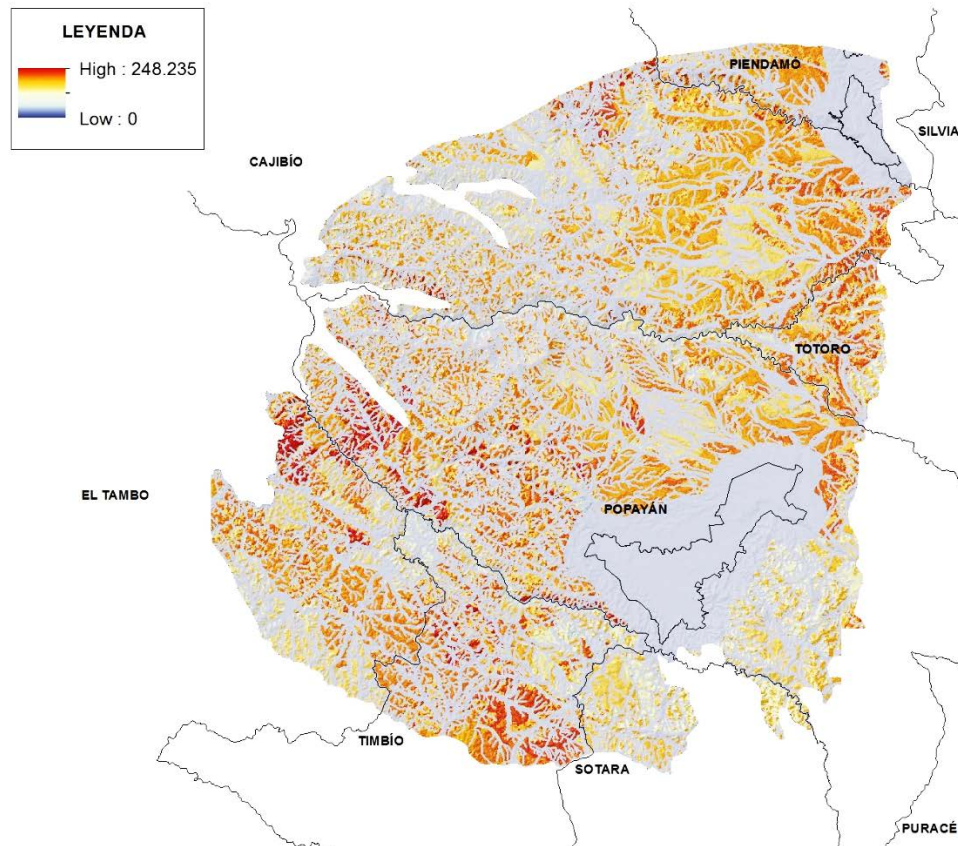


**Mapa 6. Zonas de exclusión**

### 6.3. MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA FINAL

Concluidas las anteriores etapas, se procedió a obtener el mapa de capacidad de acogida final a través del proceso de álgebra de mapas, donde el mapa de zonas de exclusión es multiplicado con el mapa de capacidad de acogida preliminar, extrayendo de esta manera las zonas restrictivas. Los valores de los píxeles del mapa fluctúan en una escala de 0 a 255, donde 0 corresponde a las áreas no aptas y 255 corresponde a las áreas aptas; para el presente caso, los valores fluctúan entre 0 y 248,235 (Ver Mapa 7).





**Mapa 7. Capacidad de acogida final**

En el mapa se puede apreciar que el área de estudio posee áreas potenciales aptas para la disposición final de residuos sólidos, debido a que presenta ciertas características propicias para ello, por ejemplo, posee una geología homogénea, con suelos sedimentarios de características areno-arcillosas, además posee grandes extensiones de pastos en un relieve ligeramente quebrado.

#### 6.4. EVALUACIÓN DE LOS PREDIOS SELECCIONADOS

En primer lugar, se evaluó los resultados obtenidos mediante visitas de campo a las áreas donde el mapa de capacidad de acogida arrojó los mayores valores (248,235), procurando visitar los predios ofertados por la comunidad o que sean de propiedad del Municipio; en segundo lugar, se escogieron ocho predios a los

cuales se les realizó una evaluación mediante una matriz que valora cada uno de los parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005 (Ver Anexo 1), en la Tabla 11 se resume de los puntajes obtenidos por cada predio visitado, lo cual permite reconocer rápidamente el orden de elegibilidad de los predios para ubicar el futuro sistema de disposición final de los residuos sólidos del Municipio de Popayán.

**Tabla 11. Resumen de calificación de las áreas visitadas**

Criterios y subcriterios		Los Llanos (cinco vecinos)	Río Hondo (Sarría)	Cajamarca	La Yunga	Timbio	Cajibío	Cañagria	Los Llanos (OME)
Capacidad		200	200	200	200	115	89	50	16
Ocupación actual del área		80	80	80	80	80	80	80	80
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía	20	20	20	20	20	20	20	20
	Pendiente promedio vía principal	12	12	12	8	12	12	12	12
	Distancia de la vía de acceso	12	20	12	12	12	12	20	12
	Pendiente promedio de la vía de acceso	12	12	12	8	8	20	12	12
	Número de vías de acceso	8	8	8	8	8	8	20	8
	Condiciones de la vía de acceso	12	8	8	8	8	0	12	8
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	20	30	20	20	20	20	30	10
	Facilidad para el movimiento de tierras	40	32	32	32	20	20	32	20
Distancia al perímetro urbano		60	60	60	60	60	60	60	60
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	60	40	60	60	60	60	40	60
	Calidad del material	16	8	8	16	8	8	8	8
Densidad poblacional		40	20	20	40	20	40	0	20
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		20	20	20	20	20	20	20	20
Distancia a cuerpos hídricos		10	10	10	20	0	0	20	0
Dirección de los vientos		20	20	20	40	20	20	20	20
Geoformas del área		20	32	20	32	32	32	20	20
Restricciones en la disponibilidad del área		60	60	60	60	60	60	60	60
<b>Puntaje total</b>		<b>722</b>	<b>692</b>	<b>682</b>	<b>584</b>	<b>583</b>	<b>581</b>	<b>536</b>	<b>466</b>

Fuente: Propia, 2015.

## 6. CONCLUSIONES

- La ubicación de un sistema de disposición final, provoca en el medio ambiente un impacto más o menos importante dependiendo de la instalación y el medio donde se ubique. Por ello es fundamental que se definan aquellos factores ambientales más importantes, y se valore la idoneidad del terreno en función del impacto que puede provocar la instalación.
  
- Las puntuaciones en los atributos son normalizadas a efectos de eliminar problemas de cálculo originados por las diferentes escalas y/o unidades empleadas en la matriz de decisión.
  
- La aplicación de las Técnicas de Evaluación Multicriterio en el ámbito de la Geomática requiere que cada variable o factor temático deben ser estructurados como una matriz, en la cual los criterios ocupan las filas de la matriz y las alternativas propias de cada criterio ocuparán las columnas.
  
- Las restricciones son expresadas en forma de mapas (Lógicos) Booleanos (0/1): en el cual el valor 1, indica aquel lugar candidato para cierta actividad, y el valor 0 que indica la anulación total de dicho sector para la actividad evaluada.
  
- El número de factores de localización y las escalas de medida aplicables a cada uno de ellos, depende del tipo de instalación que se desee ubicar (por ejemplo, para el factor “núcleos habitados” las distancias mínimas a los núcleos serán distintas si se trata de un vertedero o de una estación de transferencia). Tanto los factores como las escalas los deberá establecer el usuario y viene determinada por su experiencia y por la legislación.
  
- Los factores que pueden verse afectados por la ubicación de las diferentes instalaciones (estación de transferencia, planta de recuperación de materiales, plantas de recuperación energética, plantas de biotratamiento y vertederos), como

resultado de la consulta de una extensa bibliografía y toda la normativa aplicable a nivel nacional, se obtuvo un total de 4 factores a considerar: Unidades de Suelo (Permeabilidad del terreno), Grado de la pendiente, Cobertura vegetal de la tierra y Precipitación.

- Para el presente estudio se tomó una escala estándar como método de asignación, donde dependiendo de la capacidad de acogida, se asigna a cada criterio diferentes valores que oscilan entre 0 a 255, por ejemplo 0 es Nula, 85 es Baja, 170 es Media y 255 es Alta.

- En el presente estudio se utilizó el Método de Jerarquías Analíticas (MAJ) propuesto por Saaty. La finalidad es comparar la importancia de uno de los factores sobre cada uno de los demás ( $a_{ij}$ ), para posteriormente determinar el eigenvector principal, el cual establece los pesos ( $w_j$ ); y el eigenvalor que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores.

- Evitando que ninguno de los sitios candidatos se localice próximo a los lugares de residencia de la población o sobre zonas naturales protegidas, infraestructuras más relevantes existentes en el territorio, entre otras; se consiguió recopilar una importante cantidad de información sobre las restricciones más frecuentes de nuestro mundo urbanizado, para el presente estudio se encuentran: Aguas superficiales e infraestructura relacionada, Humedales y/o lagos, Zona de fallas geológicas, Perímetro urbano, Aeropuertos y bases aéreas y Vías.

- El mapa de capacidad de acogida final se obtuvo a través del proceso de álgebra de mapas, donde el mapa de zonas de exclusión es multiplicado con el mapa de capacidad de acogida (preliminar), extrayendo de esta manera las zonas restrictivas. Los valores de los píxeles del mapa fluctúan en una escala de 0 a 255, donde 0 corresponde a las áreas no aptas y 255 corresponde a las áreas aptas; para el presente caso los valores fluctúan entre 0 y 248,235.

- En el mapa de capacidad de acogida final se puede apreciar que el área de estudio posee áreas potenciales aptas para la disposición final de residuos sólidos, debido a que presenta ciertas características propicias para ello, por ejemplo, posee una geología homogénea, con suelos sedimentarios de características areno-arcillosas, además posee grandes extensiones de pastos en un relieve ligeramente quebrado.

- En primer lugar, se evaluó los resultados obtenidos mediante visitas de campo a las áreas donde el mapa de capacidad de acogida arrojó los mayores valores (248,235), procurando visitar los predios ofertados por la comunidad o que sean de propiedad del Municipio; en segundo lugar, se escogieron ocho predios a los cuales se les realizó una evaluación mediante una matriz que valora cada uno de los parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005.

- De acuerdo con la evaluación de los predios seleccionados, se estableció el siguiente orden de elegibilidad de los predios para ubicar el futuro sistema de disposición final de los residuos sólidos del Municipio de Popayán: Los Llanos (cinco vecinos), Río Hondo (Sarria), Cajamarca, La Yunga, Timbio, Cajibío, Cañagria y Los Llanos (OME).

## 7. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis jurídico de las propiedades, derecho y servidumbres del sitio o los sitios seleccionados, el análisis debe comprender la descripción del bien, cabida y linderos, identificación del propietario, la tradición del bien, identificación de gravámenes y limitaciones al dominio y concepto y diagnóstico.
- Efectuar estudios y pruebas de campo al predio seleccionado (área que obtuvo la mayor puntuación), con el fin de ratificar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para ubicar el sistema de disposición final, entre ellos se encuentran:
  - o **Estudio topográfico**, con el fin de conocer la morfología del terreno y en base a esto poder seleccionar el método a utilizar para la construcción y operación del sitio para la disposición final, así como también la capacidad de área y volumen del sitio. Las curvas de nivel entre una y otra llevarán un rango de 1m.
  - o **Estudio de suelos**, con el fin de determinar las características de los materiales que conformarán la cimentación y las capas de cubierta que posee el terreno, las pruebas que se requerirían son las de permeabilidad y la de penetración estándar.
- Realizar un estudio de impacto ambiental, sistemas de manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- Se debe adelantar y presentar el trámite y procedimiento requerido ante la autoridad ambiental, en cuanto a acciones de orden legal para la obtención de licencias y permisos ambientales.
- Es necesario que Planeación Municipal restrinja la localización de nuevos proyectos urbanísticos o recreacionales en las áreas potenciales finales, el cual será de uso exclusivo para la disposición final de los residuos sólidos, de igual manera esta área deberá ser incluida dentro del Plan Básico de Ordenamiento Territorial o del Plan de Ordenamiento Territorial que corresponda.

- Es importante destacar que la metodología aplicada en este estudio permite ser extrapolada a otros municipios y escenarios, involucrando nuevas variables que permitirán enriquecer cada vez más los resultados obtenidos. Sin embargo, resulta vital que quienes están encargados de tomar decisiones territoriales, conozcan y tomen conciencia de que la Geomática y las Técnicas de Evaluación Multicriterio son una base técnica de gran valor para estudios de planificación y gestión territorial.

## BIBLIOGRAFIA

- Barredo, J. (1999). Los SIG en la Ordenación del Territorio: Posibilidades y desarrollo utilizando evaluación Multicriterio. En J. Barredo, *En Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Espacial Aplicadas a la Ordenación del Territorio y el Medio Ambiente* (págs. 105-115). Talca: Universidad de Talca.
- Cerón, R. E. (2 de Julio de 2014). Residente del denominado Relleno Sanitario "El Ojito". (A. Dorado, Entrevistador)
- Colson, G., & De Bruyn, C. (1989). *Models and Methods in Multiple Objective Decision Making*. London: Pergamon.
- CRC. (2009). *Plan de manejo del complejo de Humedales de la Meseta de Popayán*. Popayán: Corporación Autónoma Regional del Cauca.
- Domingo Gómez, O. (1992). *PLANIFICACION RURAL*. Madrid: Editorial Agrícola Española S.A.
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva Manual. Versión 17*. Massachusetts: Clark University.
- Franco Maass, S. (20 de Septiembre de 2014). *Los sistemas municipales de información ambiental*. Obtenido de Requerimientos y limitaciones para su puesta en marcha.: <http://148.215.4.212/rev/104/104111111.pdf>.
- Gómez Delgado, M., & Barredo Cano, J. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación MultiCriterio en la ordenación del territorio*. Ciudad de Mexico.: Alfaomega Grupo Editor.
- IGAC. (2005). Curso de percepción remota y procesamiento digital de imágenes aplicado a levantamientos de cobertura y uso de la tierra. En I. G. CODAZZI. Santa fe de Bogotá.: IGAC.
- Janssen, R., & Rietveld, P. (1999). *Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the netherlands*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- M. Noguera, K., & T. Olivero, J. (30 de Junio de 2015). *LOS RELLENOS SANITARIOS EN LATINOAMÉRICA: CASO COLOMBIANO*. Obtenido de [http://www.acefyn.org.co/revista/Vol\\_34/132/347-356.pdf](http://www.acefyn.org.co/revista/Vol_34/132/347-356.pdf)
- MINVIVIENDA. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Vivienda.
- Planeación Municipal - CRC. (2002). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipal de Popayán*. Popayán: Planeación Municipal - Corporación Autónoma Regional del Cauca.
- Saaty, T. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. New York: Mc Graw Hill.
- Saaty, T. (1997). *Toma de decisiones para líderes*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Saavedra Valeriano, O. (16 de Enero de 2015). *Nuevo emplazamiento del relleno sanitario para el Municipio de Cochabamba*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/bolres010.pdf>



Tovar, L. F. (11 de Diciembre de 2009). Coordinador del Grupo de Aseo. (A. Dorado, Entrevistador)

## **ANEXO 1. MATRICES DE EVALUACIÓN**

### Matriz 1. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Los Llanos cinco vecinos.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** El Tambo  
**Corregimiento:** El Zarsal  
**Vereda:** Los Llanos  
**Coordenadas:** N = 02°30'11,0"  
 W = 76°45'43,1"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 30  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 178707,9298  
**Área de protección (30% de Disp)** 53612,37893  
**Área Total (m2)** 232320,3087  
**Área disponible** 567000  
**Relación disponibilidad de área** 2,44



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.		
Capacidad		=< 0,5 veces en 30 años		= > 1,5 veces 30 años				200		
		0 pts		200 pts	X					
Ocupación actual del área		Suelo Rural		Suelo Suburbano		Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección	80	
		80 pts	X	60 pts		40 pts	20 pts	0 pts		
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada		Sin pavimentar					20	
		20 pts	X	8 pts						
	Pendiente promedio vía principal		0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	> 7,1		12
			20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts		
	Distancia de la vía de acceso		0 - 5 Km		5,1 - 10 Km		10,1 - 15 Km	> 15 Km		12
			20 pts		12 pts	X	4 pts	0 pts		
	Pendiente promedio de la vía de acceso		0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	7,1 y >		12
		20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts			
Número de vías de acceso		2 o más vías		Una vía		No hay vías			8	
		20 pts		8 pts	X	0 pts				
Condiciones de la vía de acceso		Pavimentada		Afirmado		Carreteable	Trocha/no existe		12	
		20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts			
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%		3,1% -7%		7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%	20	
		40 pts		30 pts		20 pts	X	10 pts		0 pts
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil		Fácil		Regular	Difícil	Imposible	40	
40 pts		X	32 pts		20 pts		12 pts	0 pts		
Distancia al perímetro urbano		2 km a 5 km		5,1 km a 10 km		10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km	60	
		140 pts		100 pts		60 pts	X	20 pts		0 pts

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts		60
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts	Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	Limos 0 pts	16
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	> 5 hab/ha 0 pts				40
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts	500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts		10
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts					20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts			20
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts			60

Puntaje total 722

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Cumple	A simple vista cumple pero se tiene que realizar un recorrido general.
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple (cualitativamente)	
Sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	se encuentra a 16,5 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	

## Matriz 2. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Río Hondo Sarria.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** Popayán  
**Corregimiento:** Río Hondo  
**Vereda:** Río Hondo  
**Coordenadas:** N = 02°28'58,2"  
W = 76°43'49,8"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 30  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 178707,9298  
**Área de protección (30% de Disp)** 53612,37893  
**Área Total (m2)** 232320,3087  
**Área disponible** 365000  
**Relación disponibilidad de área** 1,57



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.	
Capacidad		=< 0,5 veces en 30 años		=> 1,5 veces 30 años				200	
		0 pts		200 pts	X				
Ocupación actual del área		Suelo Rural		Suelo Suburbano		Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección	80
		80 pts	X	60 pts		40 pts	20 pts	0 pts	
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada		Sin pavimentar					20
		20 pts	X	8 pts					
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	> 7,1		12
		20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts		
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km		5,1 - 10 Km		10,1 - 15 Km	> 15 Km		20
		20 pts	X	12 pts		4 pts	0 pts		
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	7,1 y >		12
		20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts		
Número de vías de acceso	2 o más vías		Una vía		No hay vías			8	
	20 pts		8 pts	X	0 pts				
Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada		Afirmado		Carreteable	Trocha/no existe		8	
	20 pts		12 pts		8 pts	X	0 pts		
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%		3,1% -7%		7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%	30
		40 pts		30 pts	X	20 pts	10 pts	0 pts	
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil		Fácil		Regular	Difícil	Imposible	32
		40 pts		32 pts	X	20 pts	12 pts	0 pts	
Distancia al perímetro urbano	2 km a 5 km		5,1 km a 10 km		10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km	60	
	140 pts		100 pts		60 pts	X	20 pts		0 pts

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	X	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts	40
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts		Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	X
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	X	> 5 hab/ha 0 pts			20
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	X	Grande 0 pts			20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts		500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts	10
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts	X				20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	X	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts		32
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existen una restricción 40 pts		Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts		60

Puntaje total 692

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Cumple parcialmente	A simple vista cumple pero se tiene que realizar un recorrido general.
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple (cualitativamente)	
Sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	se encuentra a 13,7 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	

### Matriz 3. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Cajamarca.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** Popayán  
**Corregimiento:** El Charco  
**Vereda:** Cajamarca  
**Coordenadas:** N = 02°29'33,20"  
W = 76°41'50,93"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 20  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 268061,8946  
**Área de protección (30% de Disp)** 80418,56839  
**Área Total (m2)** 348480,463  
**Área disponible** 860000  
**Relación disponibilidad de área** 1,47



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Capacidad		=< 0,5 veces en 30 años		= > 1,5 veces 30 años				200
		0 pts		200 pts	X			
Ocupación actual del área		Suelo Rural		Suelo Suburbano		Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección
		80 pts	X	60 pts		40 pts	20 pts	0 pts
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada		Sin pavimentar				
		20 pts	X	8 pts				20
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	> 7,1	
		20 pts		12 pts	X	8 pts	0 pts	
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km		5,1 - 10 Km		10,1 - 15 Km	> 15 Km	
		20 pts		12 pts	X	4 pts	0 pts	
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%		3,1 - 5%		5,1 - 7%	7,1 y >	
20 pts			12 pts	X	8 pts	0 pts		
Número de vías de acceso	2 o más vías		Una vía		No hay vías			
	20 pts		8 pts	X	0 pts		8	
Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada		Afirmando		Carreteable	Trocha/no existe		
	20 pts		12 pts		8 pts	X	0 pts	
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%		3,1%-7%		7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%
		40 pts		30 pts		20 pts	X	10 pts
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil		Fácil		Regular	Difícil	Imposible
40 pts			32 pts	X	20 pts		12 pts	
							0 pts	32

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Distancia al perímetro urbano		2 km a 5 km	5,1 km a 10 km	10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km		60
		140 pts	100 pts	60 pts	X	20 pts	0 pts	
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km	2,1 km a 4 km	4,1 km a 6 km	6,1 km a 10 km	> 10 km		60
	Calidad del material	60 pts	X	40 pts	20 pts	10 pts	0 pts	
Densidad poblacional		Recebo granular	Arcilla arenosa	Limo arenoso	Arcilla	Limo arcilla	Limos	8
		40 pts	32 pts	20 pts	16 pts	8 pts	X	
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		0 a 2 hab/ha	2,1 a 5 hab/ha	> 5 hab/ha				20
		40 pts	20 pts	X	0 pts			
Distancia a cuerpos hídricos		Ninguna	Moderada	Grande				20
		40 pts	20 pts	X	0 pts			
Dirección de los vientos		2.000 m	1.000 m a 2.000 m	500 m a 999 m	50 m a 499 m	50 m		10
		60 pts	40 pts	20 pts	10 pts	X	0 pts	
Geformas del área		contrario al casco urbano más cercano	En dirección al casco urbano más cercano					20
		40 pts	20 pts	X				
Restricciones en la disponibilidad del área		Zona quebrada y encajonada	Zona en media ladera parcialmente encajonada	Zona en media ladera abierta	Zona plana y abierta			20
		40 pts	32 pts	20 pts	X	12 pts		
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones	Existe una restricción	Existen dos restricciones	Existen más de dos restricciones			60
		60 pts	X	40 pts	20 pts	0 pts		

Puntaje total 682

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Parcialmente	Es limitado por rio cauca y quebrada la mulata
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	No cumple	se encuentra a 12,2 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	



### Matriz 4. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio La Yunga.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** Popayán  
**Corregimiento:** La Yunga  
**Vereda:** La Yunga  
**Coordenadas:** N = 02°31'13,2"  
W = 76°44'37,4"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 20  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 268061,8946  
**Área de protección (30% de Disp)** 80418,56839  
**Área Total (m2)** 6023162,54  
**Área disponible** 90000,00  
**Relación disponibilidad de área** 0,3



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Capacidad		=< 0,5 veces en 30 años	= > 1,5 veces 30 años	Otro				40
		0 pts	200 pts	40 pts	X			
Ocupación actual del área		Suelo Rural	Suelo Suburbano	Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección		80
		80 pts X	60 pts	40 pts	20 pts	0 pts		
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada	Sin pavimentar					20
		20 pts X	8 pts					
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	> 7,1			8
		20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts			
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km	5,1 - 10 Km	10,1 - 15 Km	> 15 Km			12
		20 pts	12 pts X	4 pts	0 pts			
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	7,1 y >			8
		20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts			
Número de vías de acceso	2 o más vías	Una vía	No hay vías				8	
	20 pts	8 pts X	0 pts					
Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada	Afirmado	Carreteable	Trocha/no existe				8
	20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts				
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%	3,1% -7%	7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%		20
		40 pts	30 pts	20 pts X	10 pts	0 pts		
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil	Fácil	Regular	Difícil		Imposible	32
		40 pts	32 pts X	20 pts	12 pts	0 pts		
Distancia al perímetro urbano	2 km a 5 km	5,1 km a 10 km	10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km			60
	140 pts	100 pts	60 pts X	20 pts	0 pts			

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts		60
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts	Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	Limos 0 pts	16
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	> 5 hab/ha 0 pts				40
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts	500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts		20
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts					40
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts			32
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts			60

Puntaje total 584

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Cumple parcialmente	El lote se encuentra dividida por tres quebradas que a la hora de definir las áreas de protección, el área se reducen en un 40%, de 14 a 9 has.
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple (cualitativamente)	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	se encuentra a 12 kms
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	

### Matriz 5. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Timbio.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** Timbio  
**Corregimiento:** Guayabal  
**Vereda:**  
**Coordenadas:** N = 02°26'43,3"  
 W = 76°41'49,2"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 25  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 214449,5157  
**Área de protección (30% de Disp)** 64334,85472  
**Área Total (m2)** 278784,3704  
**Área disponible** 160000  
**Relación disponibilidad de área** 0,57



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Capacidad		= < 0,5 veces en 30 años	= > 1,5 veces 30 años	Otro				115
		0 pts	200 pts	115 pts	X			
Ocupación actual del área		Suelo Rural	Suelo Suburbano	Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección		80
		80 pts X	60 pts	40 pts	20 pts	0 pts		
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada	Sin pavimentar					20
		20 pts X	8 pts					
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	> 7,1			12
		20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts			
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km	5,1 - 10 Km	10,1 - 15 Km	> 15 Km			12
		20 pts	12 pts X	4 pts	0 pts			
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	7,1 y >			8
		20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts			
Número de vías de acceso	2 o más vías	Una vía	No hay vías				8	
	20 pts	8 pts X	0 pts					
Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada	Afirmado	Carreteable	Trocha/no existe			8	
	20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts				
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%	3,1% -7%	7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%	20	
		40 pts	30 pts	20 pts X	10 pts	0 pts		
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil	Fácil	Regular	Difícil	Imposible		20
		40 pts	32 pts	20 pts X	12 pts	0 pts		
Distancia al perímetro urbano	2 km a 5 km	5,1 km a 10 km	10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km		60	
	140 pts	100 pts	60 pts X	20 pts	0 pts			

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts		60
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts	Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	Limos 0 pts	8
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	> 5 hab/ha 0 pts				20
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts	500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts		0
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts					20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts			32
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts			60

Puntaje total 583

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Parcialmente	se encuentran 1 nacimientos dentro de los predios y a 100 mts pasa el Rio Hondo
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	No cumple	se encuentra a 9,5 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	

## Matriz 6. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Cajibío.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** Cajibío  
**Corregimiento:**  
**Vereda:**  
**Coordenadas:** N = 02°36'35,2"  
 W = 76°31'54,1"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 20  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 268061,8946  
**Área de protección (30% de Disp)** 80418,56839  
**Área Total (m2)** 348480,463  
**Área disponible** 155000  
**Relación disponibilidad de área** 1,66



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
		=< 0,5 veces en 30 años	=> 1,5 veces 30 años	Otro				
Capacidad		0 pts	200 pts	89 pts	X			89
Ocupación actual del área		Suelo Rural 80 pts X	Suelo Suburbano 60 pts	Suelo de Expansión 40 pts		Suelo Urbano 20 pts	Otros suelos de protección 0 pts	80
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada 20 pts X	Sin pavimentar 8 pts					20
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3% 20 pts	3,1 - 5% 12 pts X	5,1 - 7% 8 pts		> 7,1 0 pts		12
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km 20 pts	5,1 - 10 Km 12 pts X	10,1 - 15 Km 4 pts		> 15 Km 0 pts		12
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3% 20 pts X	3,1 - 5% 12 pts	5,1 - 7% 8 pts		7,1 y > 0 pts		20
	Número de vías de acceso	2 o más vías 20 pts	Una vía 8 pts X	No hay vías 0 pts				8
	Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada 20 pts	Afirmado 12 pts	Carreteable 8 pts		Trocha/no existe 0 pts X		0
	Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno 40 pts	0,1%-3% 30 pts	3,1% -7% 20 pts X	7,1%-12% 10 pts	12,1%-25% 0 pts	> 25% Imposible	
	Facilidad para el movimiento de tierras 40 pts	Muy fácil 32 pts	Fácil 20 pts X	Regular 12 pts	Difícil 0 pts			20
Distancia al perímetro urbano		2 km a 5 km 140 pts	5,1 km a 10 km 100 pts	10,1 km a 25 km 60 pts X		25,1 km a 50 km 20 pts	> 50 km 0 pts	60

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts		60
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts	Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	Limos 0 pts	8
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	> 5 hab/ha 0 pts				40
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts	500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts		0
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts					20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts			32
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts			60

Puntaje total 581

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	No cumple	Lo atraviesa el río cajibío
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	

### Matriz 7. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Cañagria.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** El Tambo  
**Corregimiento:** Cañagria  
**Vereda:** Cajamarca  
**Coordenadas:** N = 02°28'13,4"  
W = 76°44'15,5"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 25  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 214449,5157  
**Área de protección (30% de Disp)** 64334,85472  
**Área Total (m2)** 278784,3704  
**Área disponible** 210000  
**Relación disponibilidad de área** 0,75

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Capacidad		=< 0,5 veces en 30 años	= > 1,5 veces 30 años	Otro				50
		0 pts	200 pts	50 pts	X			
Ocupación actual del área		Suelo Rural	Suelo Suburbano	Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección		80
		80 pts X	60 pts	40 pts	20 pts	0 pts		
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada	Sin pavimentar					20
		20 pts X	8 pts					
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	> 7,1			12
		20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts			
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km	5,1 - 10 Km	10,1 - 15 Km	> 15 Km			20
		20 pts X	12 pts	4 pts	0 pts			
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	7,1 y >			12
		20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts			
	Número de vías de acceso	2 o más vías	Una vía	No hay vías				20
		20 pts X	8 pts	0 pts				
Condiciones de la vía de acceso	Pavimentada	Afirmado	Carreteable	Trocha/no existe			12	
	20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts				
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%	3,1% -7%	7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%		30
		40 pts	30 pts X	20 pts	10 pts	0 pts		
	Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil	Fácil	Regular	Difícil	Imposible		32
		40 pts	32 pts X	20 pts	12 pts	0 pts		
Distancia al perímetro urbano		2 km a 5 km	5,1 km a 10 km	10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km		60
		140 pts	100 pts	60 pts X	20 pts	0 pts		

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.	
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	X	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts	40	
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts		Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	X	8
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts		> 5 hab/ha 0 pts			X	0
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	X	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts		500 m a 999 m 20 pts	X	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts	20
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts	X					20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts		Zona en media ladera abierta 20 pts	X	Zona plana y abierta 12 pts		20
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	X	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts		Existen más de dos restricciones 0 pts		60

Puntaje total 536

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Cumple	A simple vista cumple pero se tiene que realizar un recorrido general.
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple (cualitativamente)	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	se encuentra a 14,5 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	



### Matriz 8. Evaluación de parámetros definidos en el Decreto 0838 de 2005, Predio Los Llanos OME.

**Departamento:** Cauca  
**Municipio:** El Tambo  
**Corregimiento:** El Zarsal  
**Vereda:** Los Llanos  
**Coordenadas:** N = 02°29'49,2"  
W = 76°45'16,5"

**Proyección de Residuos (Ton)** 5361237,893  
**Vida Útil (años)** 30  
**Altura de diseño (mts)** 30  
**Peso específicos de RS (ton/m3)** 1  
**Volumen (m3)** 5361237,893  
**Área necesaria para Disp (m2)** 178707,9298  
**Área de protección (30% de Disp)** 53612,37893  
**Área Total (m2)** 232320,3087  
**Área disponible** 135000  
**Relación disponibilidad de área** 0,58



Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Capacidad		= < 0,5 veces en 30 años	= > 1,5 veces 30 años	Otro				16
		0 pts	200 pts	16 pts	X			
Ocupación actual del área		Suelo Rural	Suelo Suburbano	Suelo de Expansión	Suelo Urbano	Otros suelos de protección		80
		80 pts X	60 pts	40 pts	20 pts	0 pts		
Accesibilidad vial	Condiciones de la vía principal	Pavimentada	Sin pavimentar					20
		20 pts X	8 pts					
	Pendiente promedio vía principal	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	> 7,1			12
		20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts			
	Distancia de la vía de acceso	0 - 5 Km	5,1 - 10 Km	10,1 - 15 Km	> 15 Km			12
		20 pts	12 pts X	4 pts	0 pts			
	Pendiente promedio de la vía de acceso	0 - 3%	3,1 - 5%	5,1 - 7%	7,1 y >			12
	20 pts	12 pts X	8 pts	0 pts				
Número de vías de acceso		2 o más vías	Una vía	No hay vías				8
		20 pts	8 pts X	0 pts				
Condiciones de la vía de acceso		Pavimentada	Afirmado	Carreteable	Trocha/no existe		8	
		20 pts	12 pts	8 pts X	0 pts			
Condiciones del suelo y topografía	Pendiente promedio del terreno	0,1%-3%	3,1% -7%	7,1%-12%	12,1%-25%	> 25%	10	
		40 pts	30 pts	20 pts	10 pts X	0 pts		
		Facilidad para el movimiento de tierras	Muy fácil	Fácil	Regular	Difícil	Imposible	20
40 pts	32 pts		20 pts X	12 pts	0 pts			
Distancia al perímetro urbano		2 km a 5 km	5,1 km a 10 km	10,1 km a 25 km	25,1 km a 50 km	> 50 km	60	
		140 pts	100 pts	60 pts X	20 pts	0 pts		

Criterios y subcriterios		Valoración						Pts.
Disponibilidad del material de cobertura	Distancia del sitio de obtención de material	0 km a 2 km 60 pts	2,1 km a 4 km 40 pts	4,1 km a 6 km 20 pts	6,1 km a 10 km 10 pts	> 10 km 0 pts		60
	Calidad del material	Recebo granular 40 pts	Arcilla arenosa 32 pts	Limo arenoso 20 pts	Arcilla 16 pts	Limo arcilla 8 pts	Limos 0 pts	8
Densidad poblacional		0 a 2 hab/ha 40 pts	2,1 a 5 hab/ha 20 pts	> 5 hab/ha 0 pts				20
Incidencia en la congestión del tráfico vía principal		Ninguna 40 pts	Moderada 20 pts	Grande 0 pts				20
Distancia a cuerpos hídricos		2.000 m 60 pts	1.000 m a 2.000 m 40 pts	500 m a 999 m 20 pts	50 m a 499 m 10 pts	50 m 0 pts		0
Dirección de los vientos		contrario al casco urbano más cercano 40 pts	En dirección al casco urbano más cercano 20 pts					20
Geoformas del área		Zona quebrada y encajonada 40 pts	Zona en media ladera parcialmente encajonada 32 pts	Zona en media ladera abierta 20 pts	Zona plana y abierta 12 pts			20
Restricciones en la disponibilidad del área		No existen restricciones 60 pts	Existe una restricción 40 pts	Existen dos restricciones 20 pts	Existen más de dos restricciones 0 pts			60

Puntaje total 466

Prohibiciones	calificación	Observación
Fuente superficial	Cumple parcialmente	A simple vista cumple pero se tiene que realizar un recorrido general.
Fuentes subterránea	Cumple (cualitativamente)	
Habitad naturaleza críticos	Cumple	
Área con fallas geológicas	Cumple (cualitativamente)	
sistema de parques	Cumple	

Restricciones	calificación	Observación
Distancia al suelo urbano	Cumple	
Proximidad a aeropuertos	Cumple	se encuentra a 15,8 km
Fuentes subterráneas	Cumple (cualitativamente)	
Áreas inestables	Cumple (cualitativamente)	