

Selección Preliminar de Áreas Aptas Para el Desarrollo de Relleno Sanitario para  
Desechos Sólidos y de Construcción en Yopal Casanare

AUTOR

SANDRA PATRICIA PEREZ EGUE

Trabajo de Grado Presentado como requisito para optar el título de  
INGENIERO CIVIL

TUTOR

ALVARO CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTA, SEPTIEMBRE

2021

## Tabla de Contenido

Título .....	5
Planteamiento Del Problema.....	5
Justificación .....	5
Objetivo General .....	7
Objetivos Específicos .....	7
Marco Referencial .....	7
Diseño Metodológico .....	10
Resultados .....	19
Planificación Y Documentación .....	33
Impacto .....	34
Conclusiones .....	35
Referencias Bibliográficas .....	36

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa Ubicación Yopal Casanare.....	11
Ilustración 2. Municipio de Yopal-Zona de influencia .....	12
Ilustración 3. Mapa Casco Urbano – Ríos – Vías – Curvas de Nivel .....	13
Ilustración 4. Mapa Geológico.....	15
Ilustración 5. Mapa de Suelos .....	16
Ilustración 6. Mapa de Cobertura.....	17
Ilustración 7. Composición Litológica del Suelo.....	18
Ilustración 8. Mapa ocupación actual del área.....	20
Ilustración 9. Condiciones de la vía Principal .....	21
Ilustración 10. Accesibilidad vial – Pendiente promedio de vía principal .....	22
Ilustración 11. Mapa Accesibilidad vial – Distancia de la vía de acceso.....	23
Ilustración 12. Mapa condiciones del suelo y topografía-Pendiente promedio terreno .....	24
Ilustración 13. Mapa condiciones del suelo y topografía-Facilidad del terreno .....	25
Ilustración 14. Mapa Distancia entre perímetro urbano .....	26
Ilustración 15. Mapa disponibilidad material de cobertura – Calidad material.....	27
Ilustración 16. Mapa distancia cuerpos hídricos .....	28
Ilustración 17. Restricciones disponibilidad de área.....	29
Ilustración 18. Zonas de exclusión por cuerpos de agua .....	30
Ilustración 19. Calificación total área de influencia.....	31
Ilustración 20. Calificación total área de influencia.....	32

## Tabla de contenido

Tabla 1. Tipo de Suelos .....	19
Tabla 2. Vía de Acceso.....	21
Tabla 3. Pendiente promedio vía principal .....	22
Tabla 4. Distancia a la Vía de Acceso .....	23
Tabla 5. Pendiente promedio del terreno.....	24
Tabla 6. Grado de facilidad movimiento de tierra .....	25
Tabla 7. Distancia entre el Perímetro Urbano y El área de Influencia.....	26
Tabla 8. Disponibilidad del material de cobertura .....	27
Tabla 9. Distancia a Cuerpos Hídricos .....	28
Tabla 10. Restricciones disponibilidad de área.....	29

## **Título**

Selección preliminar de áreas aptas para el desarrollo de relleno sanitario para desechos sólidos y de construcción

## **Planteamiento Del Problema**

Los residuos de construcción y demolición en Yopal Casanare dan lugar a diversos problemas sociales, económicos y medioambientales. La eliminación comúnmente sucede en lugares inapropiados y demuestra la necesidad de áreas adecuadas para la eliminación final de residuos sólidos y de construcción, sin olvidar que el lugar seleccionado debe cumplir con las normas y regulaciones locales. Los sistemas de información geográfica permiten integrar información de diferentes fuentes, facilitando la delimitación de zonas que cumplan con todos los requerimientos socioambientales y legales, asegurando que las zonas seleccionadas cumplan con todas las normas legales y ambientales, se puede mitigar el impacto negativo que ocasionan los RCD en el municipio de Yopal y sus alrededores. Por lo tanto y teniendo en cuenta lo mencionado se propone determinar cuáles son las mejores áreas para desarrollar un relleno sanitario en el municipio de Yopal.

## **Justificación**

La disposición de residuos sólidos generalmente se realiza en rellenos sanitarios porque se considera una técnica apropiada en los países en desarrollo, sin embargo, no es la realidad de los residuos sólidos en el municipio, ya que muchos de ellos van a lugares irregulares (Araiza et al., 2015). El crecimiento demográfico y económico en Yopal durante los últimos años ha proporcionado una mayor inversión en obras de infraestructura, lo que ha llevado a un aumento considerable de la generación de residuos en el sector de la construcción, provocando serios problemas socio-ambientales.

En general, la disposición irregular, muchas veces es considerada un problema de salud pública, genera una serie de inconvenientes para toda la sociedad, como altos costos para los sistemas de limpieza pública, salud, agua, inundaciones, contaminación de aguas superficiales, sedimentación, contaminación de suelos, erosión, y obstrucción de los sistemas de drenaje urbano entre otros (Robayo et al., 2015).

La gestión incorrecta o el fallo de infraestructuras como vertederos destinados a residuos de construcción y demolición acaban generando impactos negativos sobre el medio ambiente y la población (Naturaleza, 2013). Parte de esto se debe a las

repercusiones negativas que tiene un vertedero fuera de los criterios técnicos sobre las poblaciones, que se ve afectadas por posibles olores, impactos en la salud y daños al medio ambiente (Castillo & Achelus, 2018). A este proceso se suma la posible devaluación de las propiedades del entorno, dificultando la búsqueda de lugares susceptibles de implementar el relleno sanitario. Por tanto, a la hora de elegir estas ubicaciones, es de suma importancia adoptar una política de prevención con el fin de garantizar la integridad del medio ambiente y también el bienestar de las poblaciones.

La selección de estas áreas destinadas a la implementación de un relleno sanitario es compleja y requiere una planificación del uso del suelo, así como la recolección y tratamiento de información que se relacione con los aspectos ambientales, socioeconómicos y operacionales del sitio, para lo cual debe ser utilizado (Urzola, Bermejo, 2016)

Este proceso de elección es laborioso, ya que involucra múltiples criterios y su evaluación toma tiempo por parte de los gerentes y responsables involucrados, por lo que tiende a ser un proceso oneroso. El Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta de procesamiento de información que permite organizar e integrar diferentes datos y comprender sus relaciones espaciales (Maass, 2014). Es una herramienta clave en la simulación y predicción de los efectos de las transformaciones en un proceso de planificación, ayudando así a tomar decisiones más acertadas (Bernal, 2012).

El SIG se puede utilizar como herramienta básica en la elección de áreas para depósitos de residuos, reduciendo el tiempo de toma de decisiones y, por ende, los costos. Además, la facilidad para trabajar con los datos, que a menudo ya está disponible, y esta es una de las razones que hacen que esta herramienta sea tan atractiva, ya que los datos son en su mayoría confiables y se corresponden en general con la realidad de la región analizada.

Además de facilitar la manipulación de datos desde una ubicación determinada, el SIG es eficiente para almacenar, recuperar, analizar y mostrar información de acuerdo con las especificaciones definidas por el usuario, siendo ampliamente utilizado para reducir los costos de selección de la ubicación y el proceso de implementación del relleno sanitario. Por lo tanto, es necesario definir y analizar técnicamente los criterios establecidos y utilizados para indicar áreas aptas para la construcción de un relleno sanitario (Tapias, 2017).

El aumento de la inversión en infraestructura en el municipio de Yopal ha venido con un precio que es el incremento en la cantidad de residuos generados y no utilizados. Por lo tanto, es relevante una Gestión eficiente en el manejo y la eliminación de residuos sólidos, que permita mitigar y en lo posible dar fin a los problemas directamente relacionados con la salud pública y los daños al medio ambiente, logrando de esta forma incrementar el beneficio para la comunidad de Yopal y los centros poblados aledaños.

## **Objetivo General**

Selección de áreas óptimas para relleno sanitario para desechos sólidos y de construcción para el Municipio de Yopal (Casanare).

## **Objetivos Específicos**

Definir los criterios basados en la revisión bibliográfica y en la normatividad.

Utilizar los Sistemas de Información Geográfica para modelación de datos de los componentes socio-ambientales de la zona seleccionada para la disposición final de Residuos de construcción y demolición (RCD).

Presentar mediante mapas las zonas aptas para la disposición de RCD, cumpliendo con las normas.

## **Marco Referencial**

La definición de residuo sólido definida para esta actividad es la que se encuentra estipulada por el ministerio del ambiente, vivienda y desarrollo territorial (Decreto 1505 del 2003); “Son los resultantes de la construcción, rehabilitación, reparación y demolición de obra civil, y los resultantes de la preparación y excavación de terrenos, tales como: ladrillos, bloques cerámicos, hormigón en general, suelos, rocas, metales, resinas, colas, pinturas, madera y contrachapados, techos, mortero, etc.,.”

La producción de residuos está presente en todas las actividades humanas, pudiendo existir una variación en los residuos en términos de composición y volumen, que varía según las prácticas de consumo y el método de producción, trayendo como consecuencia los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente (Leandro, 2014).

El desarrollo tecnológico se desarrolló para la comodidad y el bienestar de la humanidad y a partir de las revoluciones industriales condujo al uso intenso del uso de materiales desechables lo que provocó un aumento en la cantidad de residuos generados y no utilizados por el hombre. Muchos de estos productos han provocado la contaminación del medio ambiente, planteando riesgos para la salud humana, especialmente en las zonas urbanas. Entonces, el hombre empezó a vivir en la era de los desechables en la que parte de los productos queda inutilizable y se tira a la basura con enorme rapidez (Rodríguez & Trujillo, 2018).

Como se dijo anteriormente, los residuos sólidos son uno de los principales problemas a los que se enfrentan las administraciones públicas a nivel mundial. El aumento poblacional sumado al incremento en los patrones de consumo ocurrido en las últimas décadas resultó en un aumento en el consumo de bienes y, en consecuencia, en un aumento en la generación de residuos, por tal motivo encontrar un sitio ambientalmente viable para la construcción de rellenos sanitarios cerca de los municipios es cada vez más difícil y, en consecuencia, los costos de transporte son más altos para este destino (Villoria, 2014).

La industria de la construcción civil es muy importante para Yopal, siendo considerada un indicador económico y social. Pero también se considera una actividad contaminante, que genera impactos ambientales, tiene un alto consumo de recursos naturales, altera el paisaje y, como en todas las actividades antrópicas, genera residuos (Bedoya A, 2011). Los RCD también son considerados una cuestión de saneamiento público, lo que genera una serie de problemas a la sociedad, altos costos para el sistema de saneamiento urbano, contaminación de los recursos hídricos, entre otros problemas ambientales. Sin embargo, es importante resaltar el rol de los Sistemas de Información Geográfica a la hora de seleccionar el lugar apto para los RCD, permitiendo mitigar los impactos ambientales causados por los mismo (Flores Marin, 2019).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se pueden definir como herramientas computacionales para consultar, analizar, editar datos, mapas e información espacial en general. Este sistema funciona con una base de datos espacial. En los mapas digitales, hay una base de datos asociada, y se pueden obtener las coordenadas geográficas de cada punto, y se puede acceder a los datos directamente en el mapa o en la base de datos (Gualdrón Alfonso et al., 2020).

El SIG trabaja con diferentes datos de entrada, entre ellos la digitalización de mapas o fotografías, el escaneo, la teledetección, siendo una de las principales fuentes de datos del SIG, mientras que el GPS. Opera con una constelación de satélites que orbitan alrededor de la Tierra, siendo utilizado para determinar con precisión las coordenadas de una determinada ubicación. Por último, Internet, que proporciona comunicación, apoyo, almacenamiento e intercambio de datos (Cardoza A, 2017).

Elegir un área es una decisión vital para la ubicación o expansión de cualquier proyecto. En el caso de las áreas de eliminación de residuos, también es complejo y difícil, además de ser un proceso largo que requiere la evaluación de diferentes criterios. El SIG es una poderosa herramienta de análisis espacial que permite la funcionalidad de capturar, almacenar, analizar, demostrar y generar información geográfica. Su uso principal para elegir estas áreas tiene la principal ventaja de reducir tiempo y costo, pero también la posibilidad de crear una base de datos digital para monitorear el área a largo plazo (Nieto M, 2010).



El enfoque es el uso de la herramienta SIG en la indicación de áreas aptas para la implementación de relleno sanitario de construcción civil y residuos inertes para el municipio de Yopal, ofreciendo la capacidad de analizar espacialmente y eliminar rápidamente parcelas de áreas no aptas para la instalación de vertederos. Sin la ayuda del SIG, el procesamiento de datos desglosados por medios tradicionales requiere un tiempo considerable y, a menudo, no proporciona el resultado esperado. Por tanto, es una herramienta útil para superar retrasos e imprecisiones en la toma de decisiones sobre la ubicación del relleno sanitario (Bustos Pacheco et al., 2017).

Las funcionalidades del SIG son cruciales para comprender el proceso de toma de decisiones, debido a su capacidad para realizar diversas tareas utilizando tanto datos espaciales como los atributos almacenados en los datos. El SIG se ha utilizado como herramienta de apoyo en diversas áreas, principalmente en temas ambientales, urbanismo, así como en la indicación de áreas susceptibles de implementación de diferentes proyectos. La información geográfica se puede definir como datos georreferenciados que han sido procesados de una manera que tiene significado y un gran valor en el proceso de toma de decisiones (Contreras Hernandez et al., 2016). El SIG mejora la eficiencia de la gestión de residuos sólidos, reduce los costos de recolección y eliminación y también ayudar a indicar áreas para la implementación del relleno sanitario.

En la mayoría de los países la industria de la construcción consume una gama muy amplia de recursos naturales, por lo que genera una gran cantidad de residuos. Su rápido crecimiento global en las últimas décadas se ha traducido en un enorme aumento en la generación de residuos de construcción y demolición, provocando así una carga considerable para el medio ambiente.

El sector de la construcción civil ha ido ganando fuerza y creciendo en línea con el crecimiento del país y para que la industria continúe a este ritmo es necesario utilizar recursos naturales renovables y no renovables, generando así residuos durante el proceso de construcción o demolición. Muchos de estos residuos reciben destinos inadecuados, en lugares que técnicamente no cumplen con los estándares exigidos por las normas y políticas públicas que conciernen a los residuos sólidos en general.

La disposición, cuando sea necesario, para que se realice correctamente requiere de un área adecuada (que cumpla con los requisitos ambientales, sociales y económicos) para recibir el RCD. Es de suma importancia que el daño al medio ambiente, la economía y la salud humana sea en menor medida y por lo tanto menos impactante. La elección del área tiene en cuenta

diferentes criterios, por lo que lleva tiempo y necesita un análisis detallado (Vargas Hernandez, 2019).

## **Diseño Metodológico**

La metodología aplicada en el correspondiente trabajo es de tipo Cualitativa y de índole descriptiva, es decir que tiene como objetivo principal describir el tema de estudio, y para lograr dicho propósito, la técnica usada en el diseño metodológico es el análisis documental. Mediante la Descripción Física definida como “todo aquello relacionado con la descripción bibliográfica, que actúa como apoyo o soporte de la información estipulada en el documento, donde se tuvieron en cuenta criterios como; uso y ocupación del suelo, tipos de suelo, recursos hídricos, topografía, áreas protegidas por ley, entre otros”. Los principios mencionados son requisito mínimo para ser tratados y analizados en un software SIG y están estrechamente vinculados a las cuestiones sociales y ambientales relacionadas con el RCD.

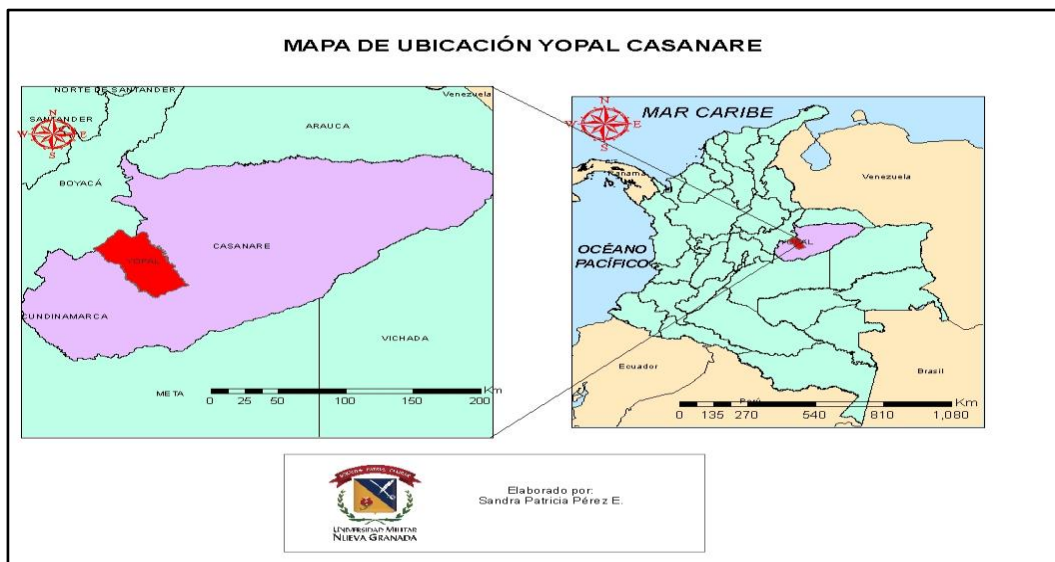
Con respecto a las áreas aptas, estas se encuentran a las afueras del municipio como se puede observar en las imágenes que se presentan a continuación, la cual fue definida teniendo en cuenta criterios de: uso y ocupación del suelo, tipos de suelo, distancia a los recursos hídricos, topografía, áreas protegidas por ley, distancia a los centros urbanos, distancia a las principales vías y carreteras. La caracterización mencionada anteriormente es el criterio técnico que se utiliza para el programa ArcGIS que es la herramienta de apoyo que facilitara la selección del área de estudio y por consecuencia es la que permitirá la ubicación del lugar según criterio de los tomadores de decisiones.

Con Respecto a la normatividad (Decreto 0838) del 23 de marzo del 2005, del ministerio de ambiente y desarrollo territorial, la selección de áreas debe contar con las siguientes características:

- Ocupación actual del área.
- Accesibilidad vial.
  - Condiciones de la vía principal.
  - Pendiente promedio de la vía principal.
  - Distancia de la vía de acceso.
- Condiciones del suelo y topografía.
  - Pendiente promedio del terreno.
  - Facilidad para el movimiento de tierras.
- Distancia entre el perímetro Urbano.
  - Calidad del material de cobertura medida por su textura.

- Distancia a cuerpos hídricos.
- Restricciones en la disponibilidad del área.

El área de influencia es la ciudad de Yopal, Casanare, que se encuentra ubicada al oriente de Colombia, el municipio está a una altitud de 390 m.s.n.m, cuenta con un clima húmedo, y con una temperatura promedio de 27 grados centígrados, que lo cataloga como clima caliente. Yopal limita por el norte con Arauca, por el oriente y sur con el río Meta, y al occidente con Boyacá; con respecto al transporte fluvial se puede deducir que se transporta carga a algunos sitios menores por los ríos Cravo Sur, Cusiana, Meta y Casanare. La economía del lugar está conformada por la producción ganadera, explotación agrícola y la explotación petrolera, que son los pilares del comercio, la ganadería ha sido la actividad primordial durante el transcurso de la historia, pero también es necesario aclarar que la producción agrícola juega un rol importante en la economía, donde el principal producto es el arroz, seguido de la palma africana, el plátano y la yuca. El municipio cuenta con 168433 habitantes, que en su mayoría promulgan y mantienen su cultura tradicional tanto en la música como en la gastronomía.



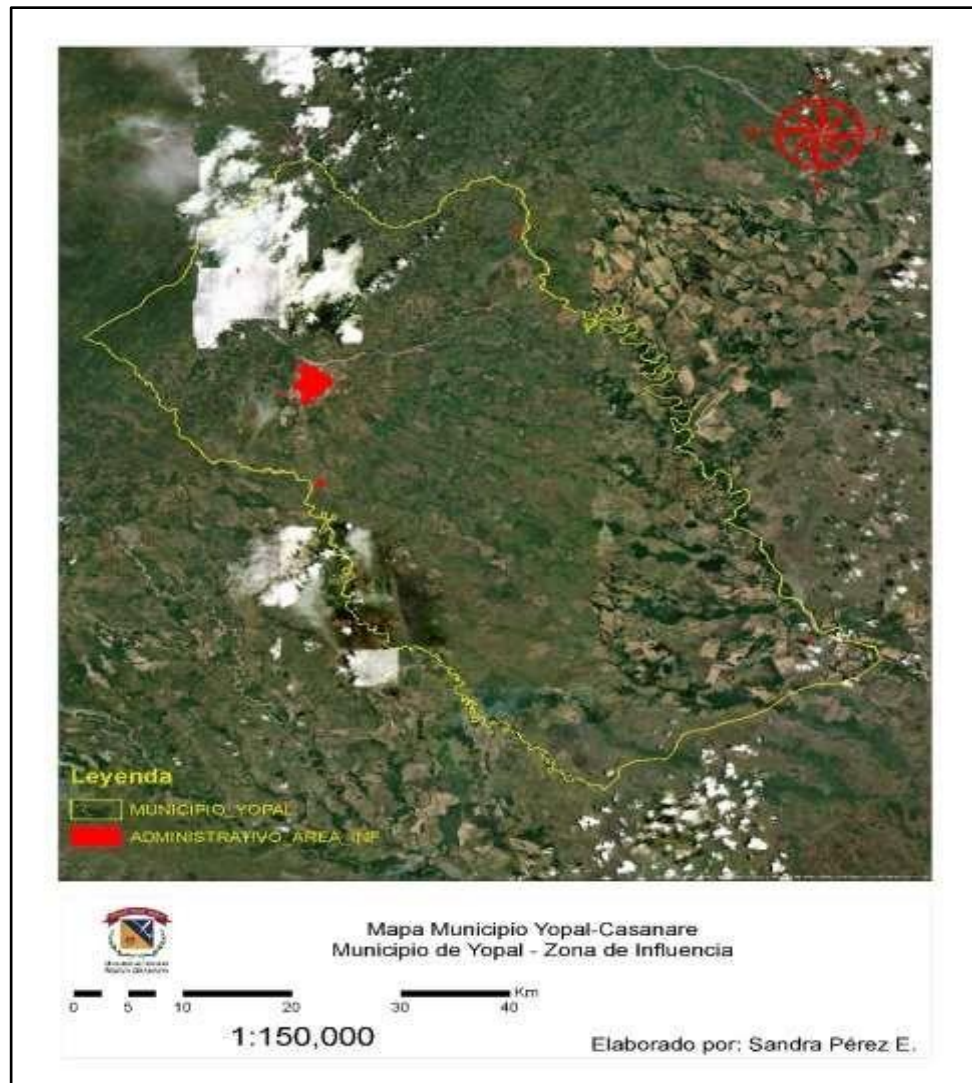
*Ilustración 1. Mapa Ubicación Yopal Casanare*

*Fuente: Propia*

Los criterios mencionados se tomaron como base para el desarrollo del trabajo, teniendo en cuenta que es un estudio preliminar para la selección de áreas aptas, debido a que garantizan los mejores resultados para el proyecto y protegen el paisaje natural de la zona de influencia y no interfieren en el progreso del municipio, sino más bien impulsan las buenas prácticas para el destino final de RCD.

### Municipio de Yopal

#### Área de influencia de la ciudad de Yopal



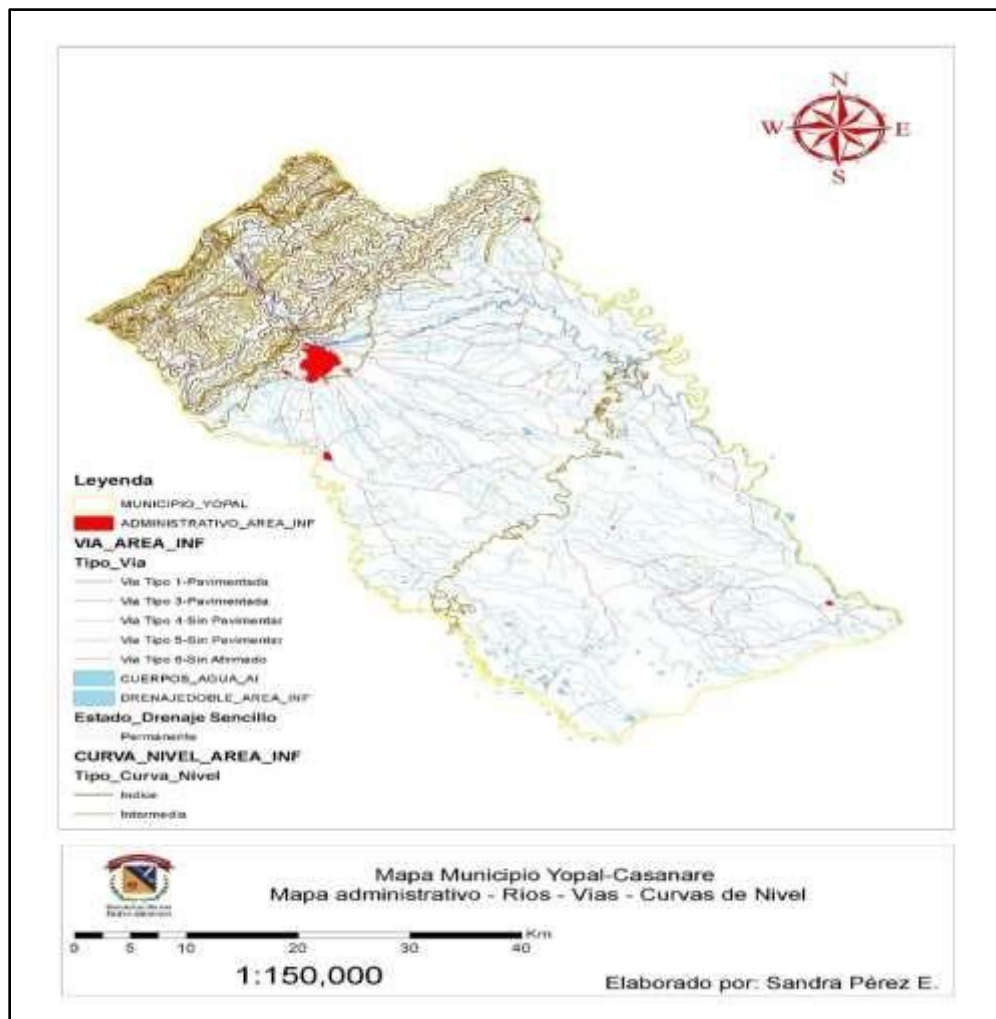
*Ilustración 2. Municipio de Yopal-Zona de influencia*

*Fuente: Google Earth*

*Fuente: Propia*

Mediante el estudio realizado y teniendo en cuenta los criterios técnicos mencionados y normativos (decreto 0838), La determinación del área de influencia se seleccionó teniendo en cuenta las relaciones comerciales, laborales y la alta densidad demográfica que engloba a todo el municipio de Yopal, con el objetivo de integrar una selección preliminar de áreas aptas que pueden ser idóneas para el desarrollo del destino final de los residuos de construcción generados en estos cumpliendo con los requisitos exigidos por la norma ambiental.

### Mapa Casco Urbano – Ríos – Vías – Curvas de Nivel



*Ilustración 3. Mapa Casco Urbano – Ríos – Vías – Curvas de Nivel*

*Fuente: Propia*

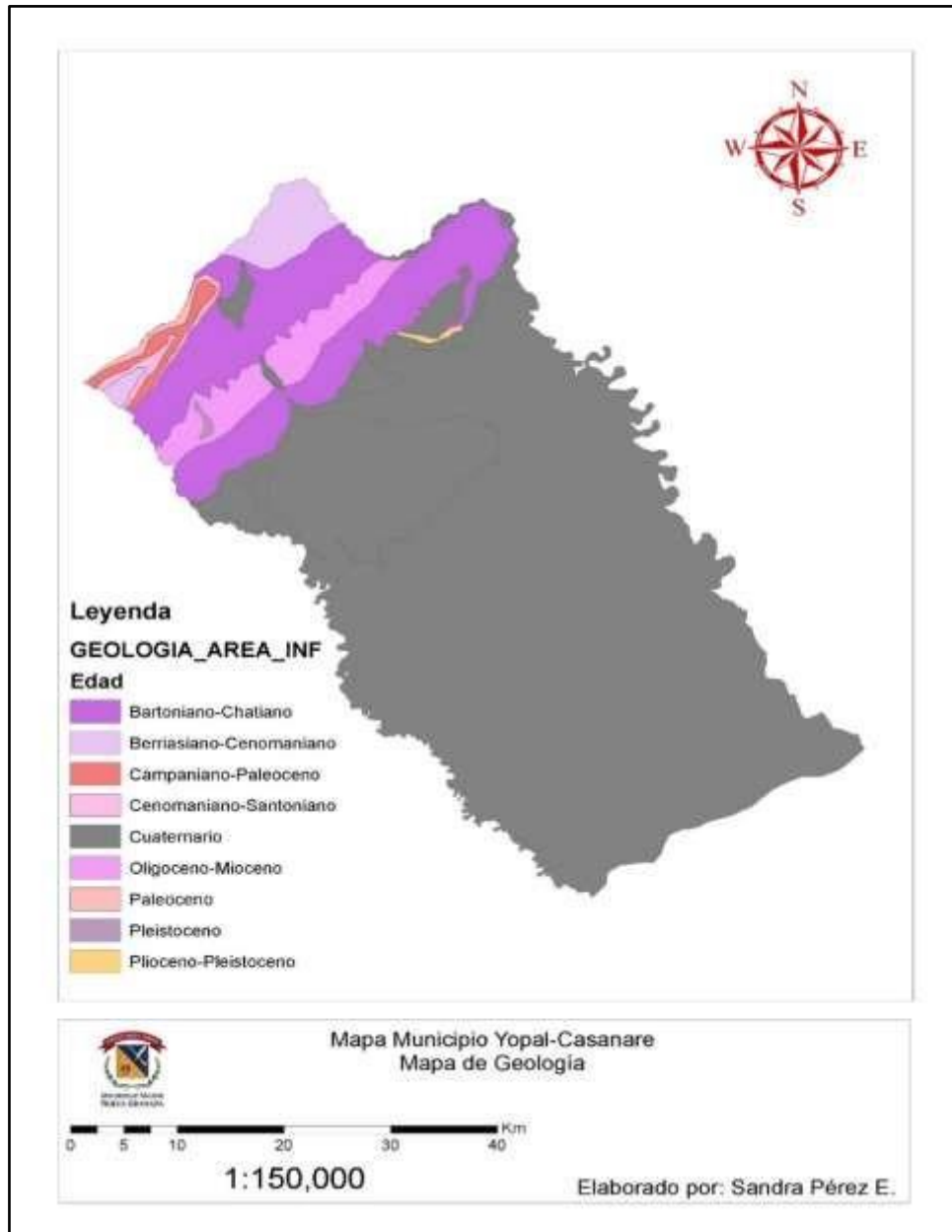
El mapa de casco urbano y vías indica que las zonas aptas seleccionadas como vertedero de los RCD, cuenta con carreteras de acceso, pero si se es más específico se puede resaltar que para llegar a las zonas competentes existen avenidas principales que permiten la llegada de vehículos sin riesgo alguno a la hora de depositar los RCD don se adapte el Relleno Sanitario.

La Cuenca Hidrográfica debe ser tenida en cuenta para cualquier tipo de planificación, ya sea para el mejoramiento de asentamientos humanos o para la instalación de cualquier actividad antrópica. Las actividades que se realizan dentro de una cuenca hidrográfica impactan en la calidad del agua del río, desde su nacimiento hasta su desembocadura, es decir, es una relación de causa y efecto, además de ejercer una gran presión sobre todos los recursos naturales que conforman la cuenca hidrográfica. Por estas razones, se justifica la adopción de la cuenca hidrográfica como unidad de ordenamiento territorial (Castillo & Achelus, 2018). Los recursos hídricos son de suma importancia para el mantenimiento de la vida. Por tanto, su conservación es necesaria, siendo este uno de los criterios establecidos para la indicación de las áreas aptas. Sumando todos estos elementos, es necesario conocer las cuencas hidrográficas a las que se aplica las áreas de estudio.

El análisis de la imagen permite inferir que no se presentan cambios de pendiente, que como se puede observar en el mapa la distancia que hay entre una y otra curva de nivel de la zona de influencia es amplia.

Con respecto a la información obtenida en el transcurso del diseño metodológico se puede observar que existen parámetros que son relevantes a la hora de seleccionar el área de influencia, es decir que no solamente se debe contar con un conocimiento relacionado a las normas ambientales, sino que el terreno seleccionado debe contar con características técnicas que permitan que dicha área sea óptima para el fin último de los RCD.

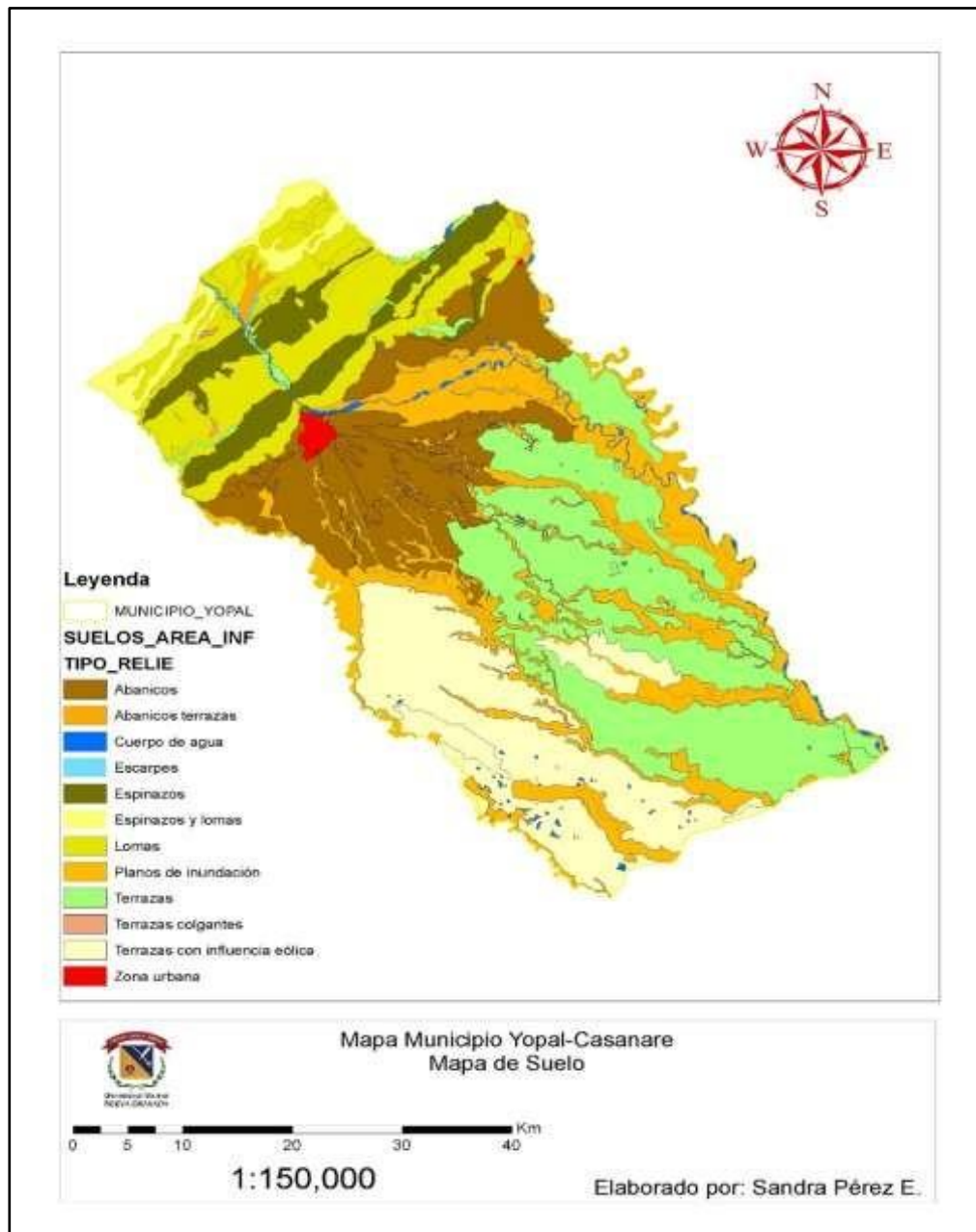
## MAPA GEOLÓGICO



*Ilustración 4. Mapa Geológico*

*Fuente: Propia*

La imagen representa las diferentes edades y el piso del Eoceno para el caso del bartoniano-chatiano, que corresponde a la era cenozoica del periodo paleógeno de la época del eoceno 56 millones de años A.C donde existen zonas aptas para el RCD observamos que también se encuentra en la misma era, pero en el periodo cuaternario que en promedio son 3 millones de años A.C, es decir que es mucho reciente en la formación geológica.



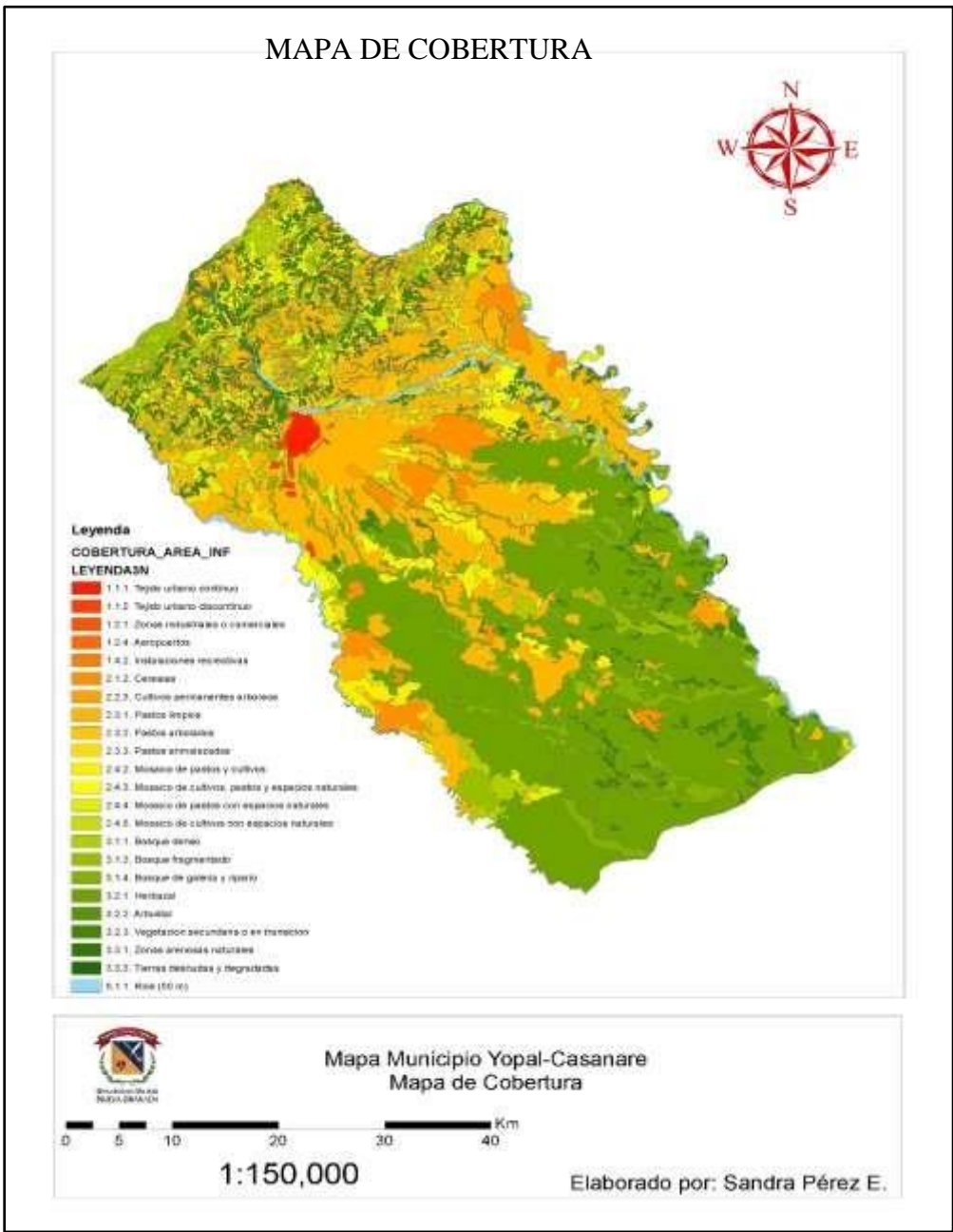
## MAPA DE SUELOS

*Ilustración 5. Mapa de Suelos*

*Fuente: Propia*

En el correspondiente mapa de suelos se puede observar que no se presentan planos de inundación en las zonas aptas y tampoco cambios bruscos en la superficie, es decir que el terreno seleccionado es de tendencia plana y no afecta cuerpos de agua, los cuales se encuentran distantes a las áreas óptimas.

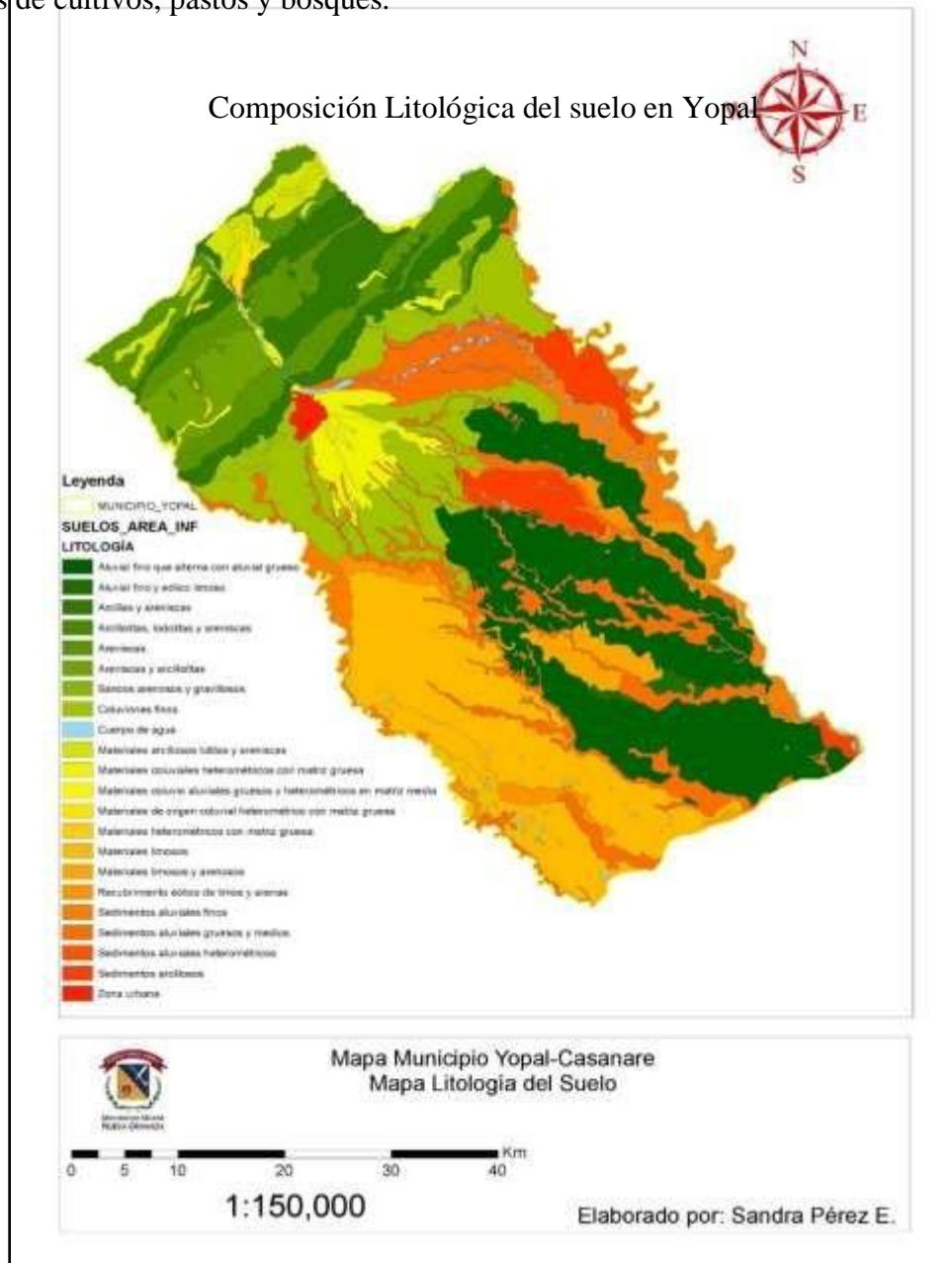




*Ilustración 6. Mapa de Cobertura*

*Fuente: Propia*

El presente mapa de cobertura presenta las diferentes zonas que se encuentran en el entorno de las áreas aptas del Municipio de Yopal, donde se presentan pastos limpios, arbolados junto con mosaicos de cultivos, pastos y bosques.



*Ilustración 7. Composición Litológica del Suelo*

*Fuente: Propia*

La litología del lugar indica que se encuentra conformada por materiales con matriz gruesa, indicando de esta forma que la resistencia mecánica de las rocas es buena y por consiguiente no existe el riesgo de hundimientos o desplazamientos de tierra por el peso o empuje que ocasiona los RCD.

## Resultados

La preservación de los recursos hídricos es el criterio de mayor peso a la hora de seleccionar las mejores áreas para el manejo y disposición de RCD. Las zonas de ronda son zonas de exclusión para este tipo de actividades. En segundo lugar, están las unidades de conservación, parques y otras áreas relacionadas con la vegetación. En tercer lugar, los suelos, un elemento importante en la selección de áreas. Cuarto, la geotecnia, relacionada con las susceptibilidades del suelo, como la fragilidad de un determinado lugar. Quinto, uso y ocupación del suelo: esta área incluye la ordenación territorial de los municipios de acuerdo con las Leyes de uso y ocupación del suelo y zonificación. Sexto, distancia de caminos y carreteras, no se puede asignar al proyecto una gran distancia de las principales carreteras y caminos en el área de estudio. Séptimo, la distancia a los centros urbanos y la presencia de reservas y zonas de importancia cultural.

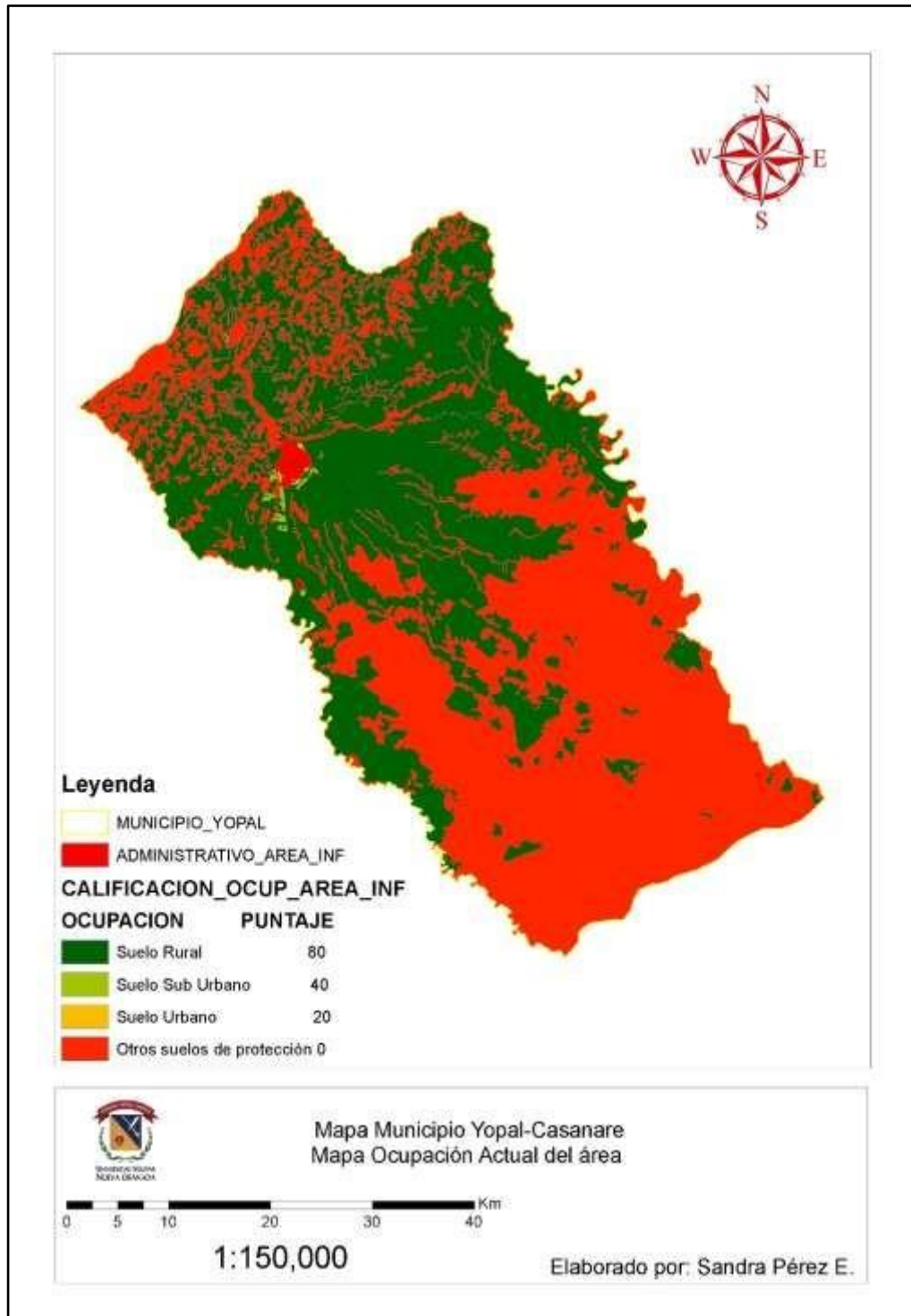
En la ciudad de Yopal existen zonas que cuentan con acceso vial y se encuentra lejos de contaminar cuerpos de agua y su correspondiente litología es de buena resistencia mecánica, lo que implica la no presencia de hundimientos o movimientos de tierra por causa de los residuos de construcción y demolición. El acceso en cierta medida debe ser por caminos de tierra y asfalto, las zonas aptas cuentan con poca o ninguna vegetación.

De acuerdo al estudio, se relacionan los criterios con cada una de sus características:

Ocupación actual del área: Se debe tener en cuenta el impacto sobre los recursos naturales y la comunidad teniendo en cuenta las actividades que actualmente se realizan en el área seleccionada, donde un puntaje mayor en el aspecto mencionado indica que es mucho más apto para la disposición final de residuos sólidos de construcción y demolición.

Ocupación de área	Puntaje
Suelo rural	80
Suelo Sub-Urbano	40
Suelo Urbano	20
Otros suelos	0

*Tabla 1. Tipo de Suelos*



*Ilustración 8. Mapa ocupación actual del área*

*Fuente: Propia*

Accesibilidad vial: El área seleccionada debe contar con vía de acceso para los recolectores de residuos sólidos, según las condiciones de la norma, la vía de acceso puede ser:

Vía de acceso	Puntaje
Pavimentada	20
Sin Pavimentar	8

Tabla 2. Vía de Acceso

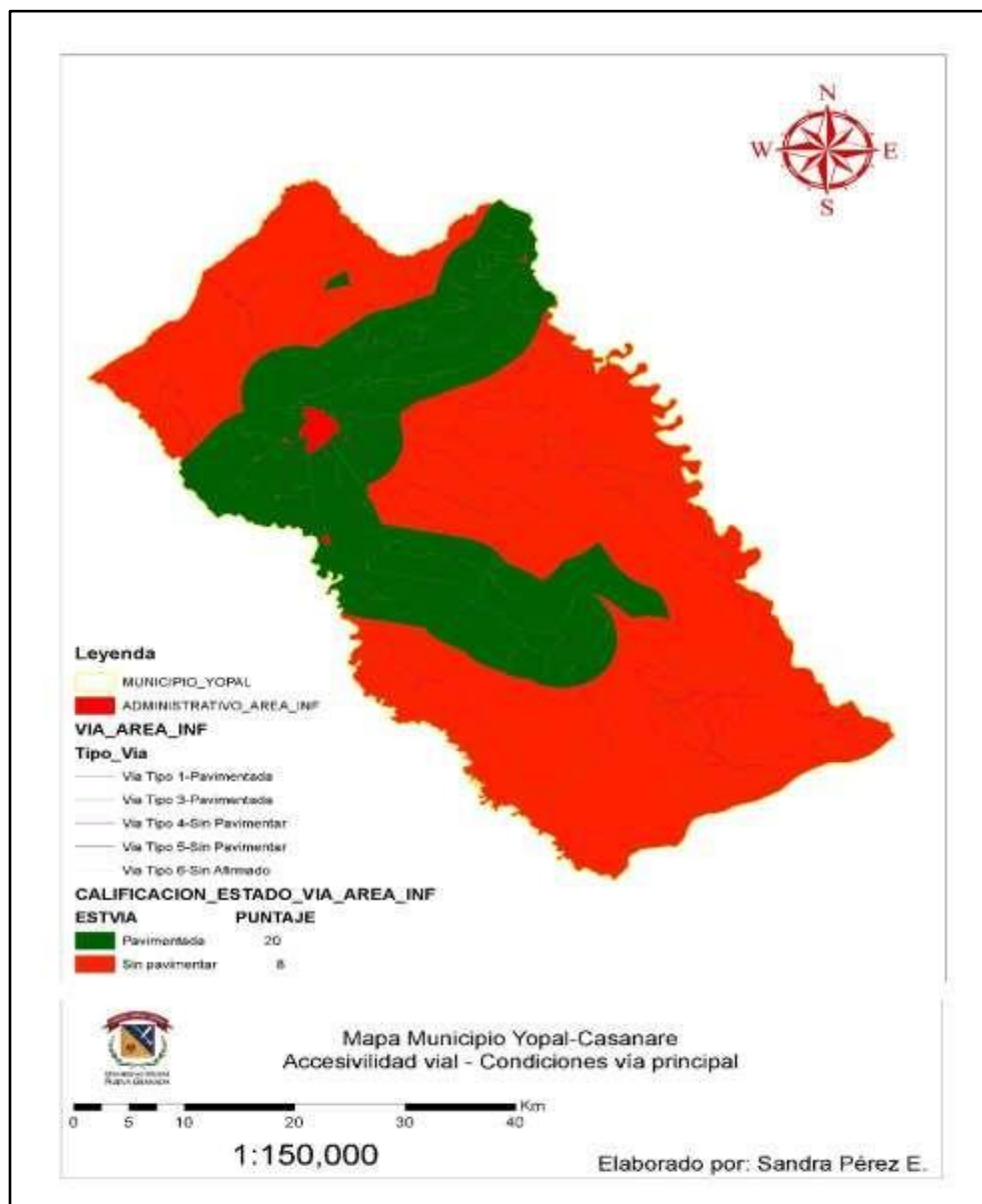


Ilustración 9. Condiciones de la vía Principal

Fuente: Propia

Otro factor es la Pendiente Promedio, que se califica de la siguiente forma:

Pendiente (%)	Puntaje
0 - 3	20
3.1 -5	12
5.1 - 7	8
7.1 y mayores	0

Tabla 3. Pendiente promedio vía principal

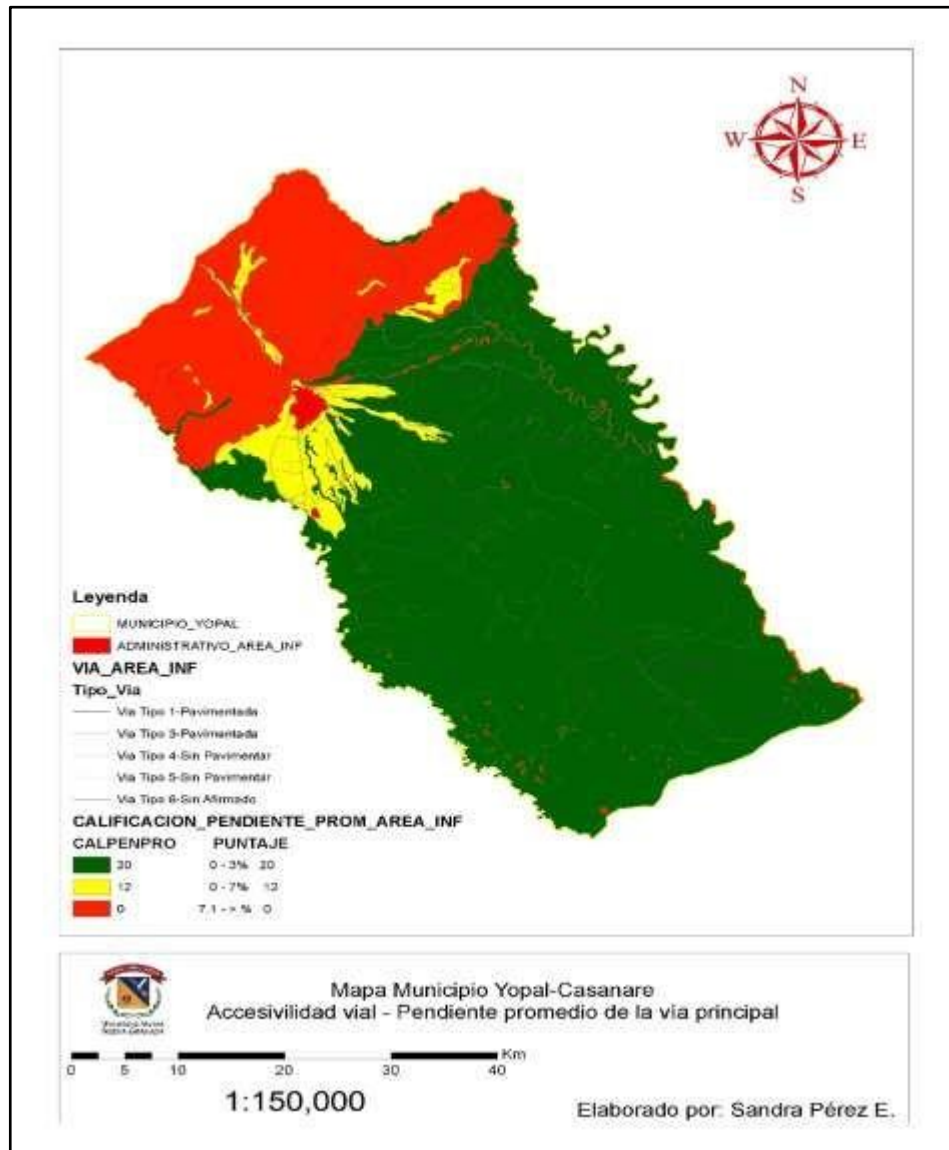


Ilustración 10. Accesibilidad vial – Pendiente promedio de vía principal

Fuente: Propia

En cuanto a la distancia a la vía de acceso, también se clasifica según puntaje correspondiente.

Kilómetros	puntaje
0-5	20
5.1-10	12
10.1 -15	4
> 15	0

Tabla 4. Distancia a la Vía de Acceso

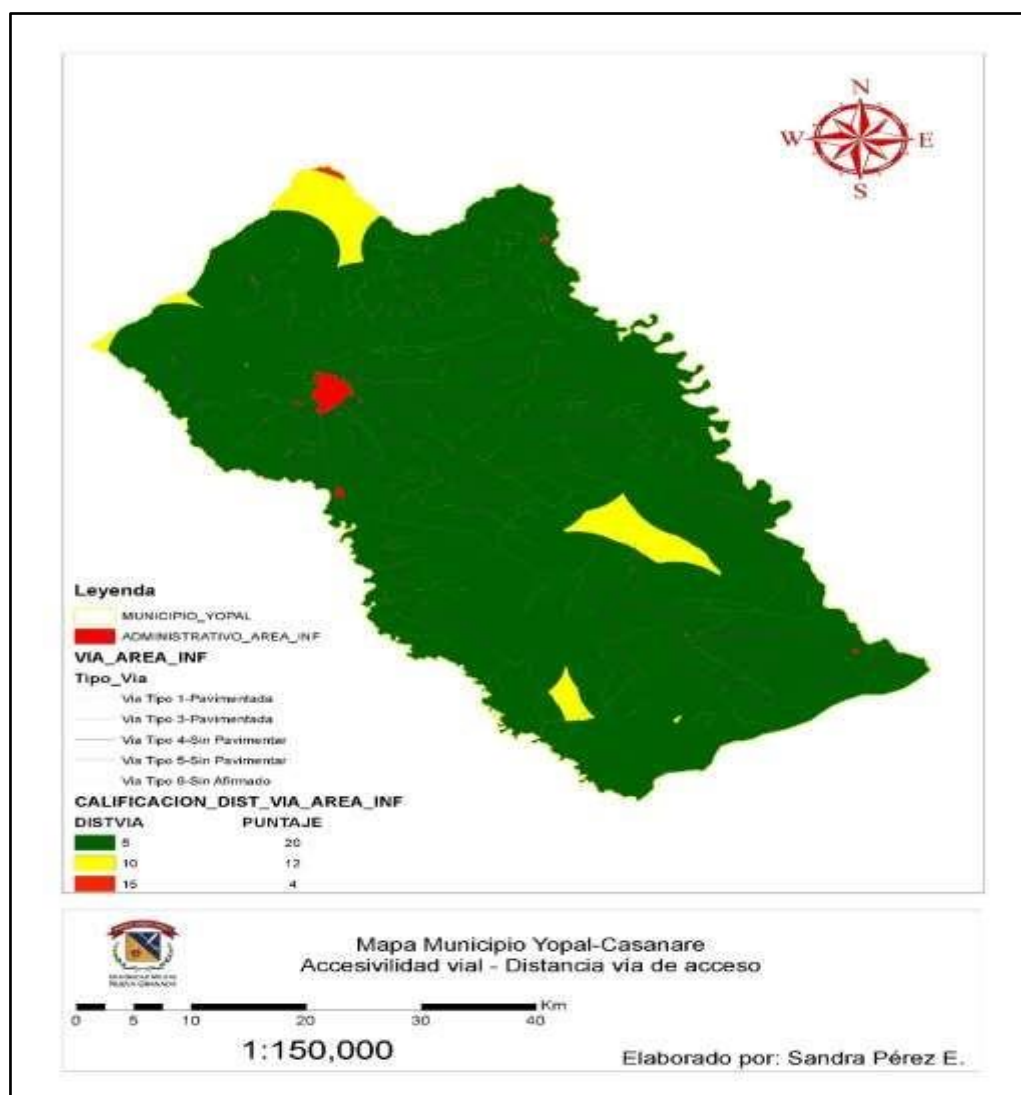


Ilustración 11. Mapa Accesibilidad vial – Distancia de la vía de acceso

Fuente: Propia

Condiciones de Suelo y Topografía: Este aspecto tiene en cuenta parámetros de operación, construcción y trabajabilidad en la zona para destino final de RCD, entre los que resalta la pendiente promedio del terreno y la facilidad para el movimiento de tierras.

Pendiente (%)	Puntaje
0.1 - 3	40
3.1 -7	30
7.1 - 12	20
12.1 – 25	10
Mayor de 25	0

Tabla 5. Pendiente promedio del terreno

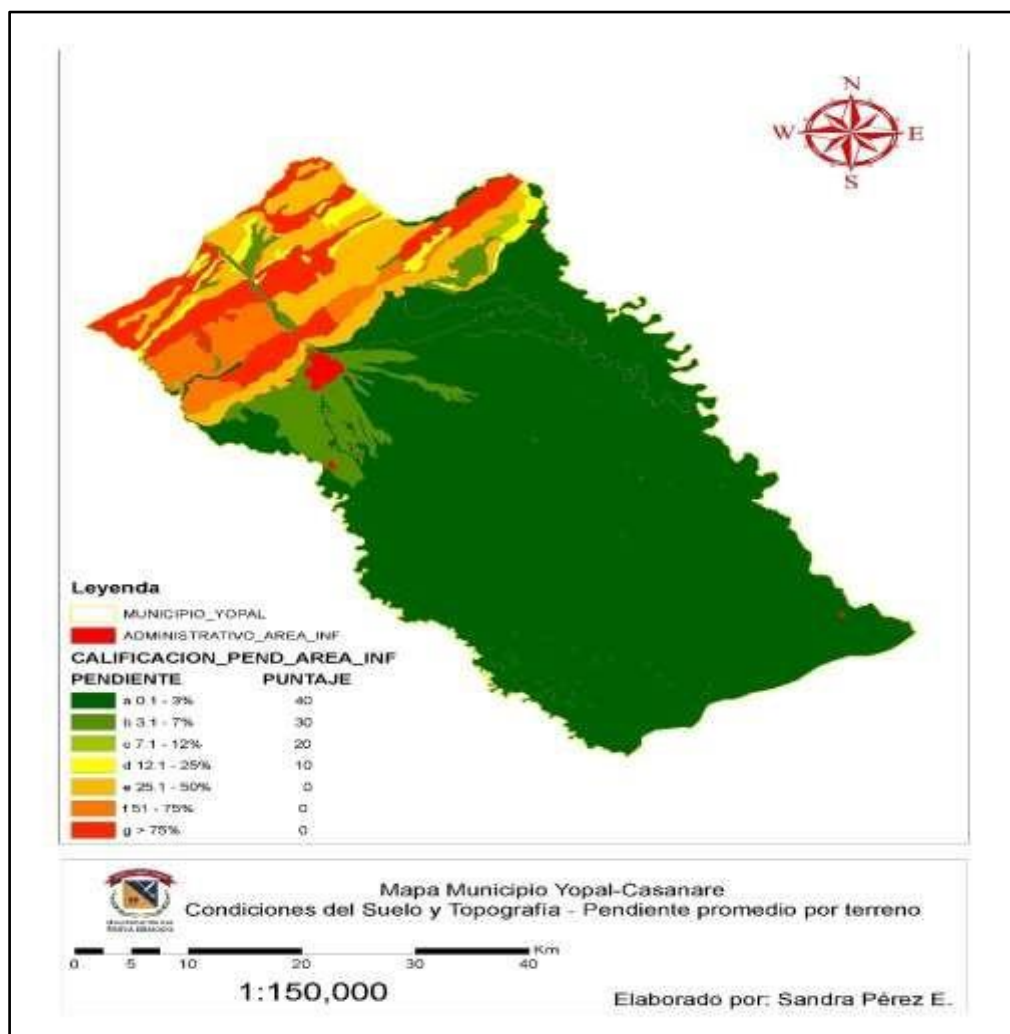


Ilustración 12. Mapa condiciones del suelo y topografía-Pendiente promedio terreno

Fuente: Propia



Grado de Facilidad	Puntaje
Muy fácil	40
Fácil	32
Regular	20
Difícil	12
Imposible	0

Tabla 6. Grado de facilidad movimiento de tierra

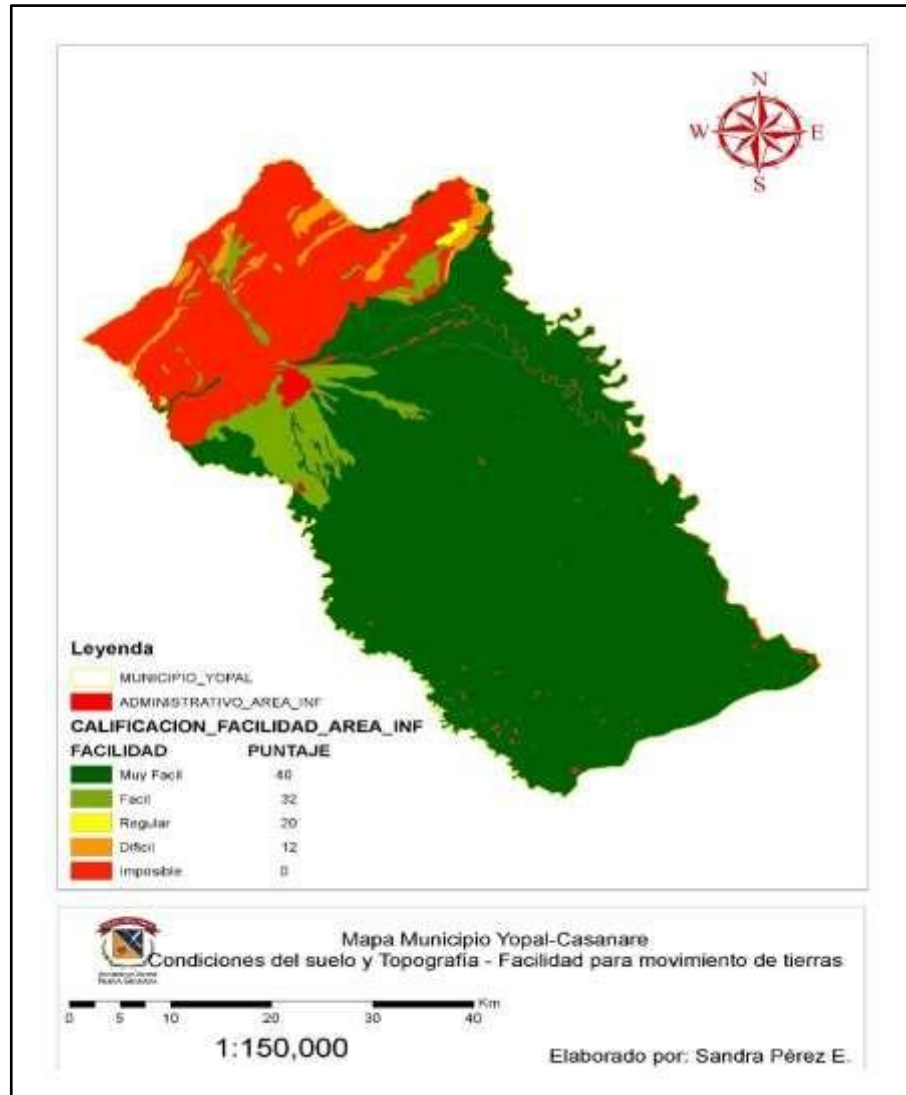


Ilustración 13. Mapa condiciones del suelo y topografía-Facilidad del terreno

Fuente: Propia

Distancia Entre el perímetro Urbano: Teniendo en cuenta aspectos asociados al movimiento de material como los costos de transporte, y la distancia entre el perímetro urbano y la zona seleccionada para destino final de RCD.

Distancia (Km)	Puntaje
(2 – 5)	140
(5.1 – 10)	100
(10.1 – 25)	60
(25.1 – 50)	20
>50	0

Tabla 7. Distancia entre el Perímetro Urbano y El área de Influencia

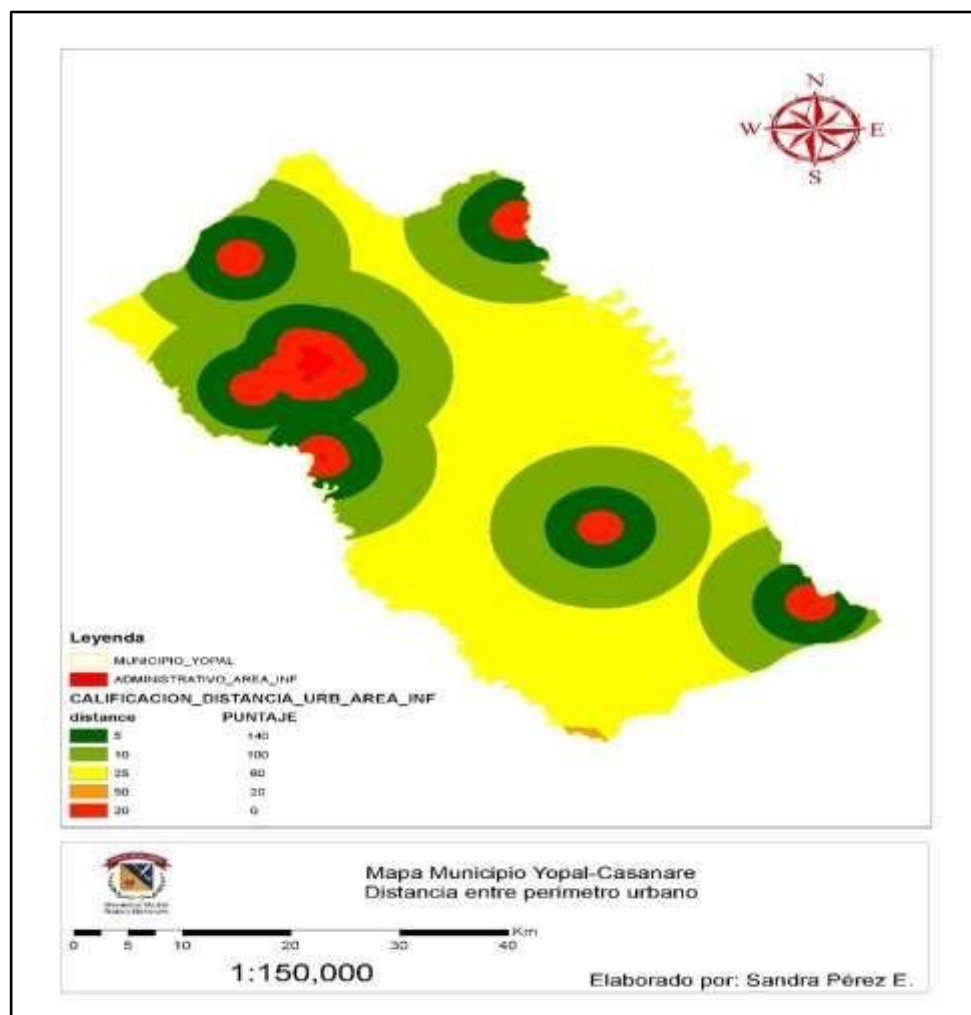


Ilustración 14. Mapa Distancia entre perímetro urbano

Fuente: Propia

Disponibilidad del material de Cobertura: implica los costos en que incurre la entidad prestadora del servicio para transportar el material teniendo en cuenta la calidad del material. Incluye la calidad del material de cobertura teniendo en cuenta la textura y se cuantifica de la siguiente manera.

Textura	Puntaje
Recebo Granular	40
Arcilla Arenosa	32
Limo Arenoso	20
Arcilla	16
Limo Arcilla	8
Limos	0

Tabla 8. Disponibilidad del material de cobertura

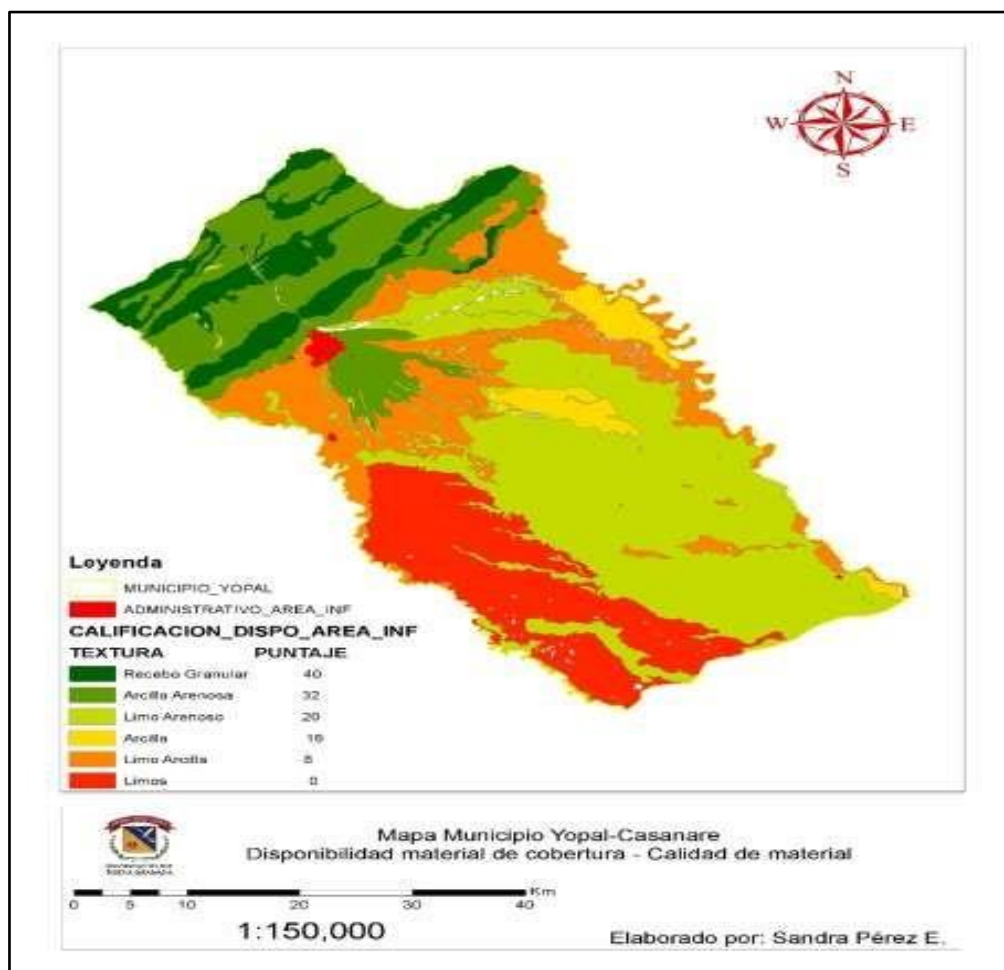


Ilustración 15. Mapa disponibilidad material de cobertura – Calidad material

Fuente: Propia

Distancia a cuerpos hídricos: Este aspecto presenta la relación entre el área seleccionada para la disposición final de RCD y los cuerpos hídricos presentes en la zona.

Distancia (m)	Puntaje
>2000	60
(1000 – 2000)	40
(500 – 999)	20
(50 – 499)	10
<50	0

Tabla 9. Distancia a Cuerpos Hídricos

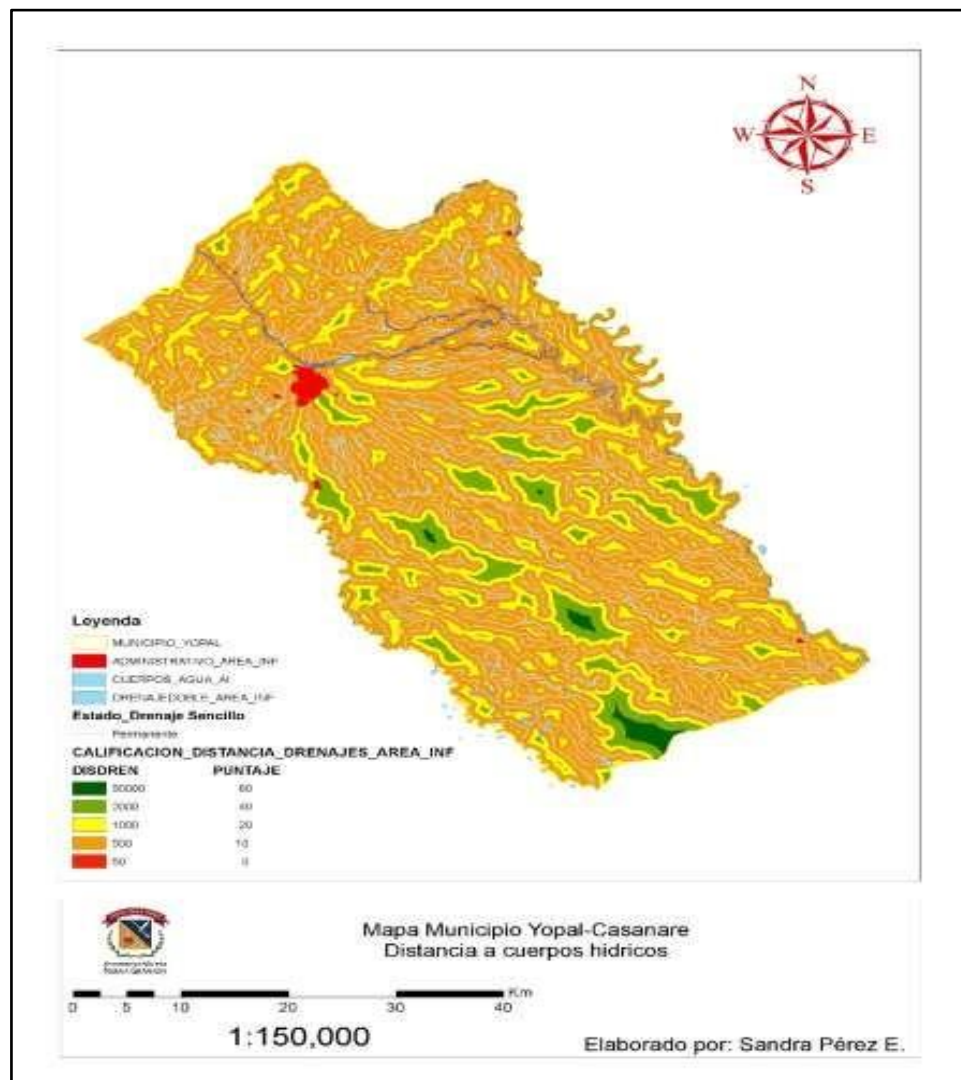


Ilustración 16. Mapa distancia cuerpos hídricos

Fuente: Propia

Restricciones en la disponibilidad del área: Este factor relaciona las limitaciones del área en la cual se efectuará la disposición final de RCD.

Restricciones	Puntaje
No existen	60
Existe una	40
Existen dos	20
Existen más de dos	0

Tabla 10. Restricciones disponibilidad de área

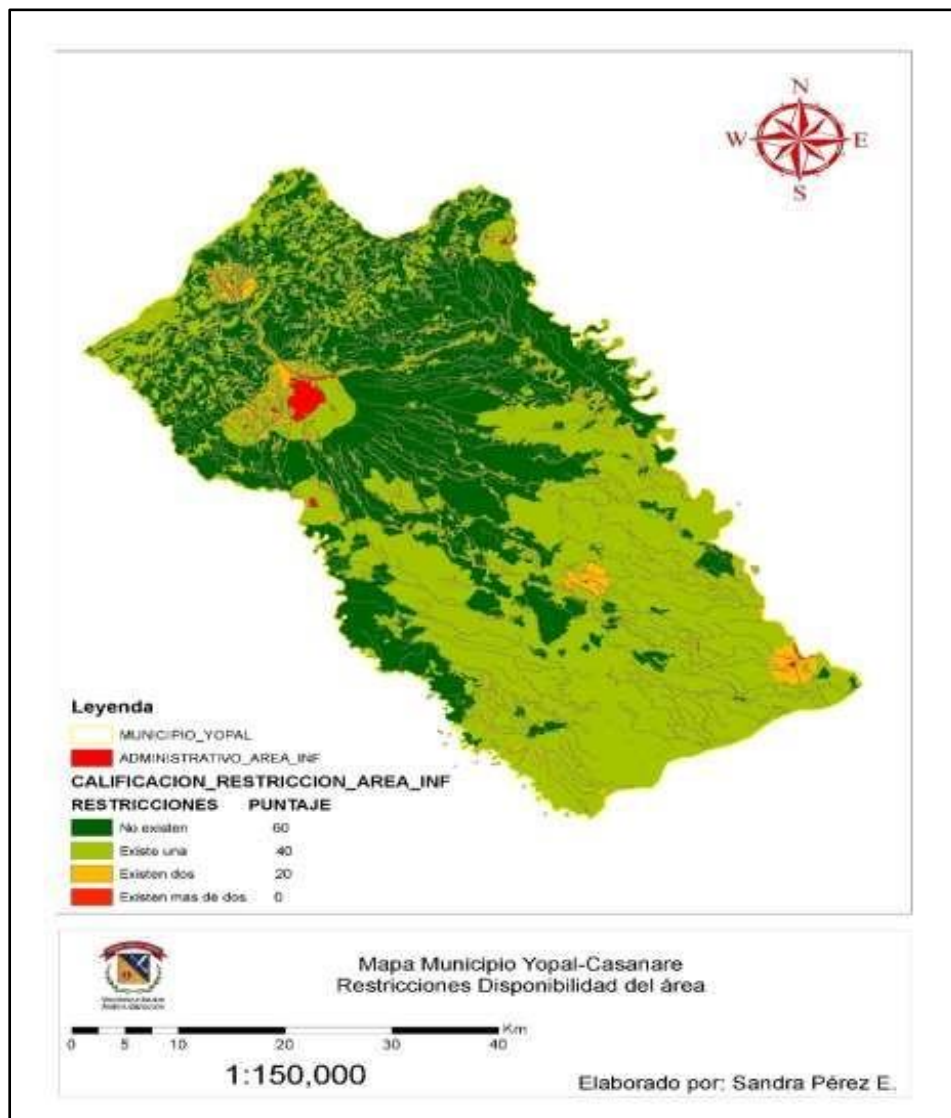
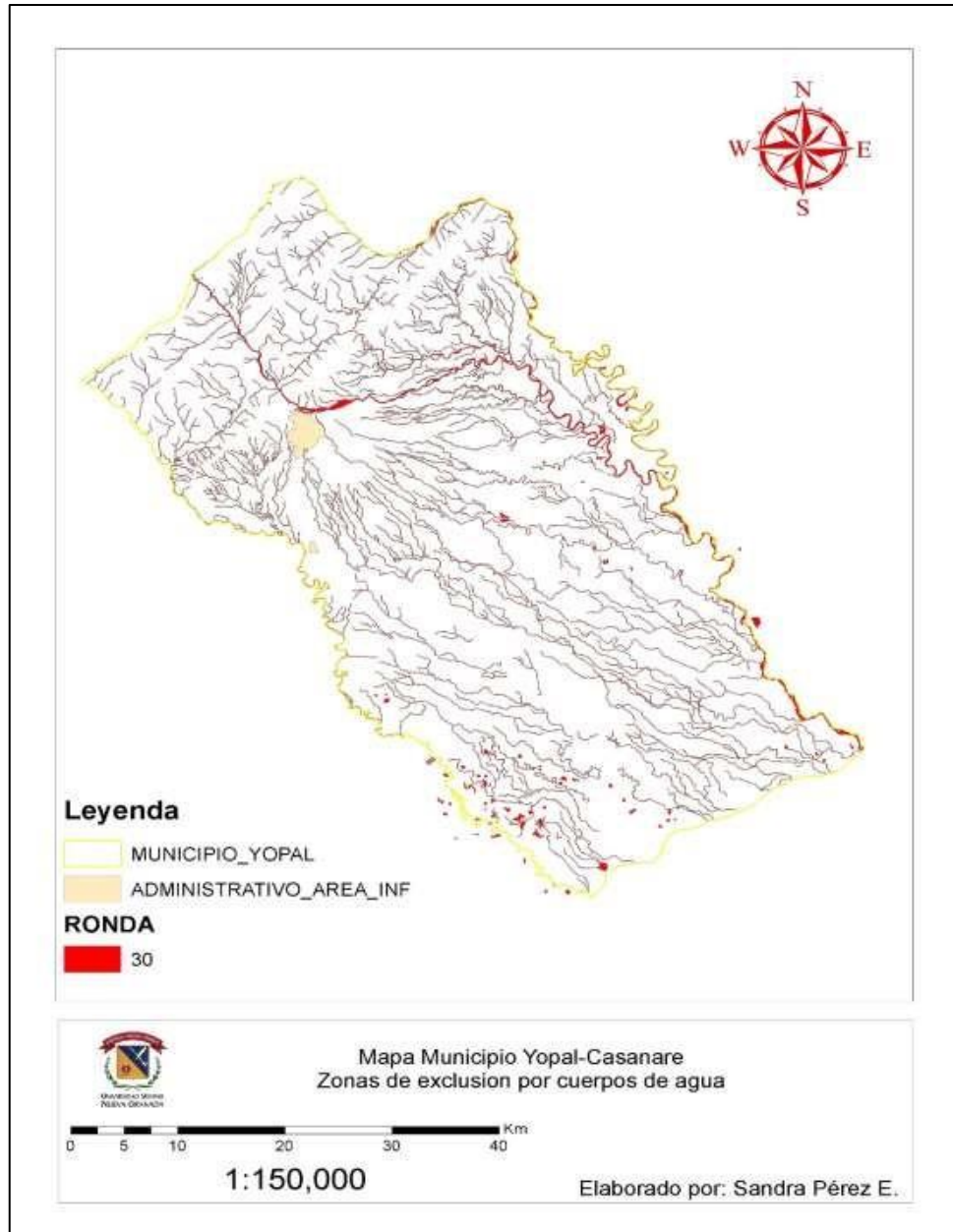


Ilustración 17. Restricciones disponibilidad de área

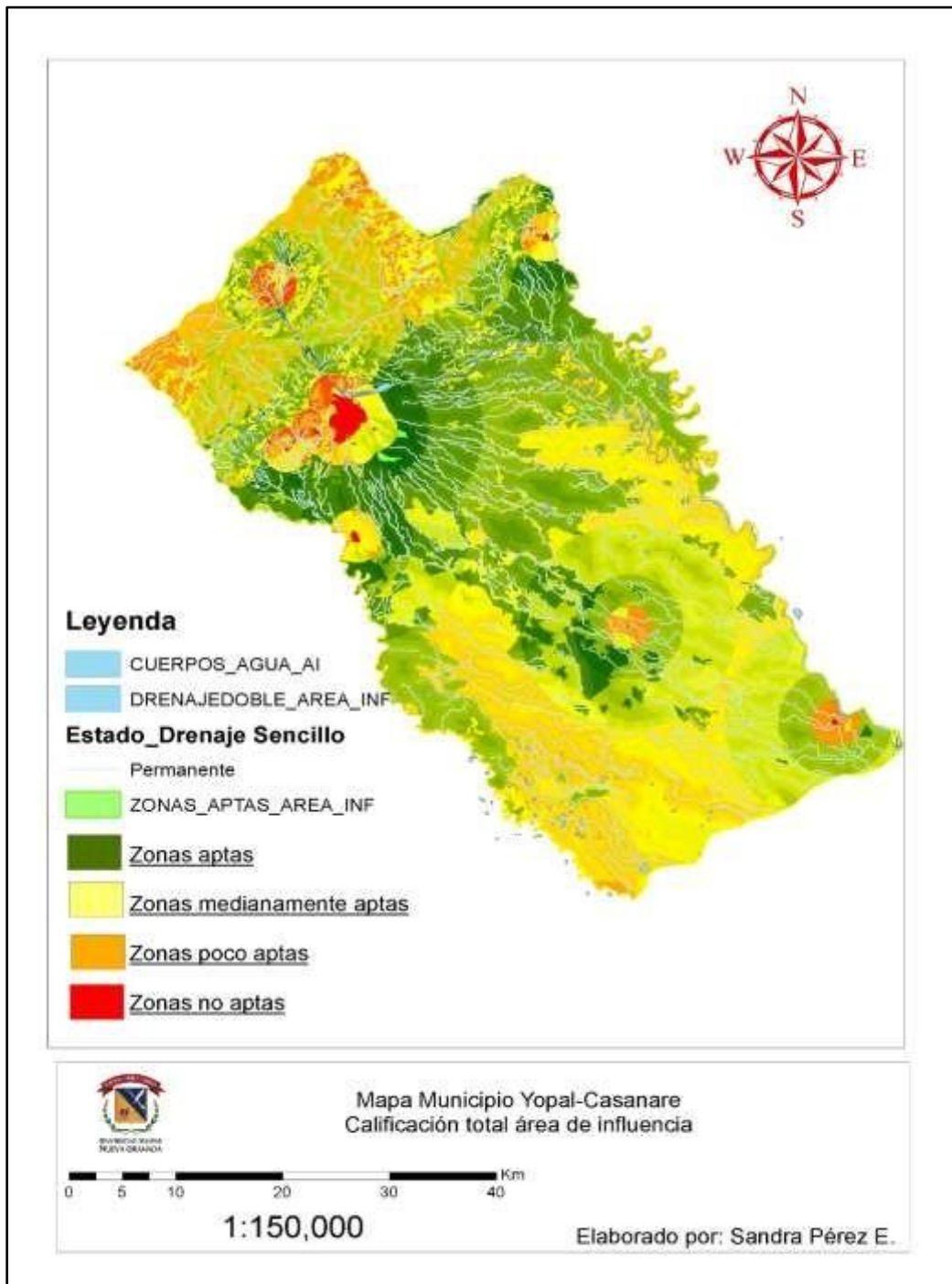
Fuente: Propia



*Ilustración 18. Zonas de exclusión por cuerpos de agua*

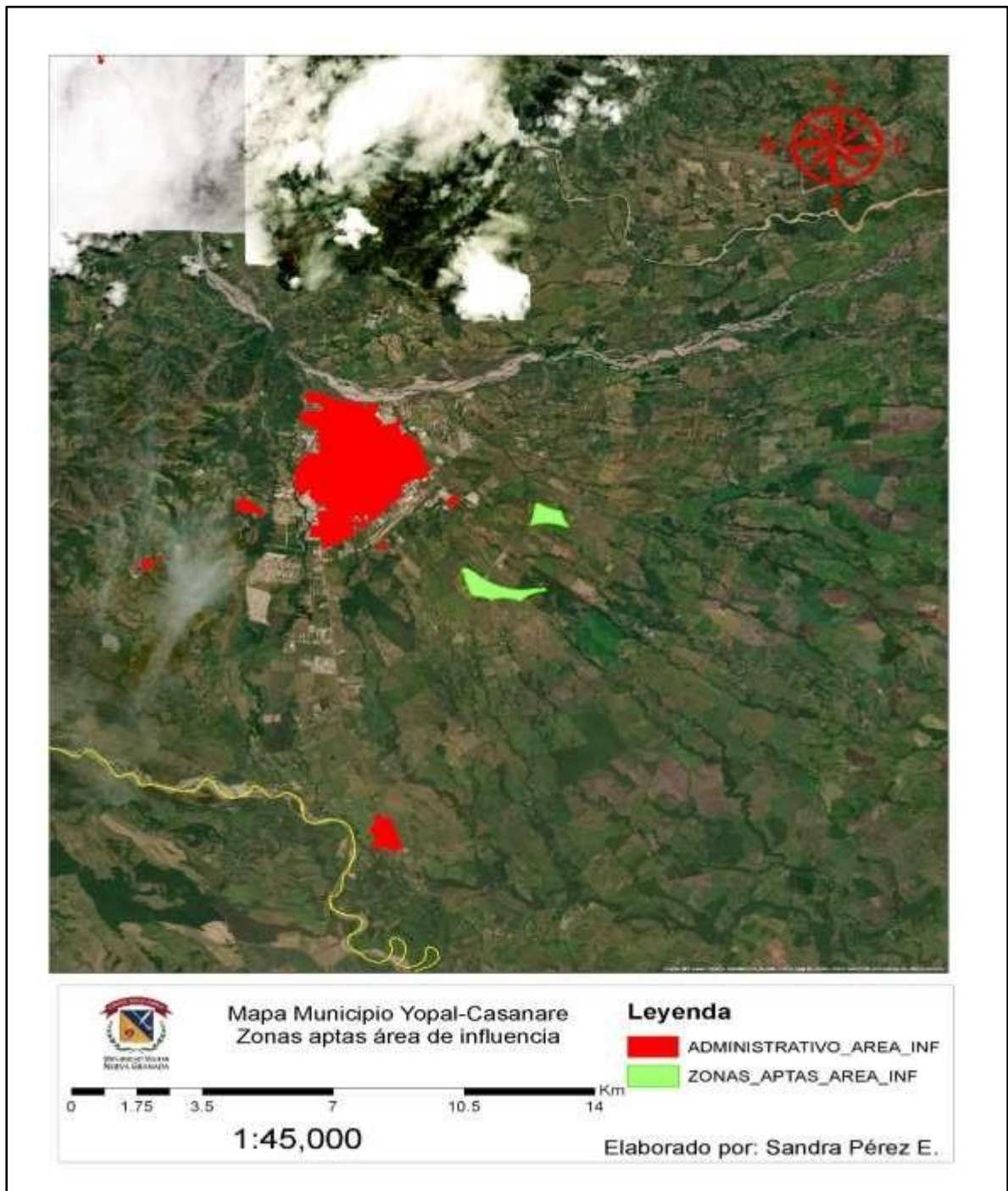
*Fuente: Propia*

En la ilustración 18, se muestra que las zonas de ronda indica que mínimo son 30 m donde no se pueden construir RCD, ya que son zonas excluidas por cuerpos de agua



*Ilustración 19. Calificación total área de influencia*

*Fuente: Propia*



*Ilustración 20. Calificación total área de influencia*

*Fuente: Propia*



Dentro del estudio realizado en la zona de influencia del Municipio de Yopal, y de acuerdo a la calificación de los criterios, se indican dos áreas aptas para la ubicación de un relleno sanitario para RCD, los cuales cumplen con los criterios técnicos establecidos y las regulaciones exigidas por el Decreto 0838 del 23 de marzo del 2005, del ministerio de ambiente y desarrollo territorial, las cuales fueron mencionadas en el desarrollo de la actividad. Es menester, señalar que las dos zonas señaladas en la imagen cuentan con la aprobación de los criterios establecidos y por consiguiente son aptas para el destino final de RCD.

## **Planificación Y Documentación**

El Sistema de Información Geográfica puede definirse como una herramienta ampliamente utilizada en actividades que requieren una gestión espacial diversificada, tiene tres partes fundamentales: interfaz de usuario, herramientas y sistema de gestión de datos. El usuario interactúa con el sistema desde la interfaz gráfica, la cual da acceso a las herramientas y define los recursos y funciones que tiene el software para procesar datos geográficos.

Dichos datos se almacenan en formatos de archivo, en bases de datos o servicios en la web y están organizados por programas de gestión de datos. Para organizar, analizar y modelar datos espaciales, se requiere un software, que es uno de los componentes fundamentales de un SIG operativo. Integra todas las herramientas como almacenar, procesar y visualizar datos.

Estas herramientas permiten procesar la información, organizar e integrar diferentes tipos de datos y ayudar en la comprensión de las relaciones espaciales, por lo que son herramientas clave en la simulación y precisión de las transformaciones en un proceso de planificación y en la correcta toma de decisiones. Terminan facilitando el acceso a información diversa e integrándolas en una sola base de datos, además permite la elaboración de diferentes escenarios y la simulación de sus efectos especiales, y por ello permiten una mejor toma de decisiones en la planificación, transformando el SIG en poderosas herramientas de apoyo, la cual se puede subdividir en cuatro componentes o subsistemas principales:

Entrada de datos: es el proceso de identificar y fusionar los datos necesarios para una aplicación específica. El proceso implica adquisición, reformato, georreferenciación, recopilación y documentación de datos. Los componentes de los datos de entrada convierten los datos de su raíz o formularios existentes que se pueden utilizar en el SIG.

Almacenamiento y gestión de datos: los componentes de almacenamiento de datos GIS incluyen las funciones para almacenar y recuperar los datos encontrados en una base de datos. La base de datos se puede definir como la recopilación de datos no redundantes organizados computacionalmente, pudiendo así ser ampliados, actualizados, reutilizados y compartidos por varios usuarios.

Manipulación y análisis de datos: una distinción de SIG es su capacidad para realizar un análisis integrado de datos y atributos espaciales. Se pueden distinguir dos categorías de funciones SIG en funciones fundamentales o básicas y avanzadas. Esta distinción se basa en la extensión de cada una de estas funciones y se puede utilizar en una variedad de análisis espaciales.

Salida de datos: Los datos de salida del SIG proporcionan una forma de ver datos e información en forma de mapas, tablas, diagramas, etc. Los datos de salida de los subsistemas permiten a los usuarios verificar los resultados del análisis y los procesos de los datos espaciales. Estos resultados se pueden generar en formato impreso y electrónico.

## **Impacto**

La Política Nacional de Residuos Sólidos tiene como principios la prevención y la precaución, el que contamina paga, una mirada sistemática que considera las variables ambientales, sociales, culturales, económicas, tecnológicas y de salud pública, que apunta al desarrollo sostenible, la ecoeficiencia, la reducción del impacto ambiental y del consumo de recursos naturales y cooperación entre las distintas esferas de gobierno, empresas y otros segmentos de la sociedad (Cárcamo, 2010).

Asimismo, el reconocimiento de los residuos sólidos reutilizables y reciclables como un bien económico y social, que actúa como generador de trabajo y promueve la ciudadanía, como el respeto a las diversidades locales y regionales, el derecho a la sociedad, la información y la razonabilidad.

El impacto positivo que puede causar un área seleccionada con criterios técnicos es la protección de la salud humana y el medio ambiente; la no generación, reducción, reutilización, reciclaje y tratamiento de residuos sólidos y la adopción de buenos estándares de producción y servicio sustentables. También son la búsqueda de mejores tecnologías para minimizar los impactos ambientales, el incentivo al reciclaje y su industria, la reducción del volumen de residuos peligrosos, la gestión integral de residuos sólidos y la continuidad técnica (Leandro, 2014).

En gran parte, los RCD no representan riesgos importantes para el medio ambiente, debido a su composición, pero pueden contener otros materiales como aceite y materiales peligrosos. Uno de los principales impactos del RCD es el gran volumen generado, pudiendo encontrarse materiales orgánicos mezclados con este residuo, que pueden ocasionar un problema de salud pública en la población circundante, por tal razón a la hora de seleccionar el área de influencia se deben tener en cuenta los criterios técnicos, y de esta forma mitigar los impactos ambientales y sociales que pudiesen afectar a la comunidad, evitando cualquier efecto negativo en la salud de la población, es decir que siempre que se realicen los procedimientos ordenados y secuenciados bajo las condiciones pertinentes responsables los beneficiados serán los habitantes de la región y el medio ambiente en general (Castillo & Achelus, 2018).

## **Conclusiones**

La indicación y selección de áreas para los RCD lleva tiempo y genera costos, el SIG ha demostrado optimizar ambos factores, ya que permite manipular los datos espaciales según criterios establecidos a partir de normas, resoluciones y legislación, así como criterios seleccionados por los tomadores de decisiones.

Los residuos de construcción y demolición merecen una atención especial por parte de los administradores públicos y privados. La mayor parte de los Residuos Sólidos Urbanos y su manejo incorrecto genera cargas y consecuentemente problemas ambientales. Además, cuando estos residuos se depositan en zonas que no cuente con los criterios técnicos correspondientes, la generación de impactos ambientales es inevitable por parte de los RCD.

El SIG demostró ser una herramienta fundamental para la planificación urbana y ambiental, permitiendo la selección de zonas con condiciones técnicas adecuadas, preservando así la flora y la fauna, mitigando de esta manera los impactos ambientales del área de influencia.

Mediante el uso de la herramienta SIG para la realización de mapas de interés, es mucho más sencillo encontrar el área que cumpla con los criterios técnicos y ambientales para ser destino final de los RCD, que en términos de peligrosidad (por sus características como inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad, patogenicidad) presentan riesgo significativo para la salud pública o la calidad ambiental.

## Referencias Bibliográficas

- A.B. Bedoya, “Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición caso de aplicación: Medellín”, Bachelor Thesis, Facultad de ingeniería, Ingeniería Ambiental, Universidad de San Buenaventura, 2011.
- Araiza, J., Zambrano, J., & Eduardo, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118–128.
- Bernal, E. (2012). *Diseño y aplicación de una auditoría para la gestión de residuos sólidos del municipio de Yopal, para la Contraloría Departamental de Casanare*. 25–34.
- Cardoza Ardón, J. L. (2017). Aplicaciones De Los Sistemas De Información Geográfica En Ingeniería Civil Utilizando El Software Gv Sig. *Universidad de El Salvador*, 317.
- Castillo, E., & Achelus, W. (2018). *SIG PARTICIPATIVO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE ZONAS CONTAMINADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS*. 14–26.
- Contreras Hernández, G. A., & Villegas Rodríguez, E. (2016). Las Geotecnologías y los sistemas de apoyo para la planeación en el ordenamiento territorial. *Revista de Tecnología Journal of Technology*, 15(2), 57–74.
- Decreto 0838 del 23 de marzo del 2005, del ministerio de ambiente y desarrollo territorial.
- Flores Marin, G. (2019). Gestión de residuos sólidos a través de sistemas de información geograficas. *Repositorio Institucional - UNH*, 12–80.  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>
- Gualdrón Alfonso, D. F., Villate Corredor, J. J., Reyes Medina, P. S., & Silva Balaguera, A. L. (2020). Aplicaciones SIG para la ingeniería. *Ingeniería Civil, Topografía y Construcción*, 162.
- Leandro, A. (2014). *Administración y Manejo de los Desechos en los Proyectos de Construcción*. 1–38.
- Maass, S. F. (2014). Los sistemas municipales de información ambiental. *Ciencias de La Tierra*, 11, 85–94.
- Naturaleza, U. internacional para la conservación de la. (2013). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción*. 13–30.
- Nieto Masot, A. (2010). El uso didáctico de los sistemas de información geográfica en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Tejuelo*, 9, 136–161
- Robayo, R., Matthey, P., Silva, Y., & Burgos, D. (2015). Residuos de construcción y demolición: Análisis hacia su gestión, maneja y aprovechamiento. *Tecnura*, 19(44), 2–15

- Tapias, J. alejandro. (2017). *Guía de intervención sostenible de los residuos de la construcción*. 148, 148–162.
- Urzola, Bermejo, G. A. (2016). *Lineamientos para la Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) Generados en Barranquilla D.E.I.P.* 1–142.  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/20473/BermejoUrzolaGustavoAdolfo2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas Hernadez, M. (2019). Investigación sobre el manejo de residuos en construcción entre Europa, América Y Colombia. *Ayay*, 8(5), 20–44.
- Villoria, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN Programa, 3–43.