

METODOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN PARQUE DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE TIPO REGIONAL DESDE UNA PERSPECTIVA MULTIDIMENSIONAL

Diana Elizabeth Valencia Londoño*

Carolina Arias Muñoz**

Enrique Vanegas Ospino***

Recibido: 16/07/2010

Aceptado: 08/10/2010

RESUMEN

El manejo y disposición final de los residuos sólidos en el oriente antioqueño siempre ha sido una preocupación desde CORNARE y los entes territoriales. El artículo presenta los hallazgos de una investigación realizada por el grupo proyecto Ciudad de la facultad de Artes Integradas de la Universidad de San Buenaventura, cofinanciado por CORNARE, cuyo objetivo es presentar la metodología elaborada para la determinación de las áreas potenciales para el asentamiento de un parque de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de tipo regional, teniendo como soporte la descripción, caracterización y análisis del ambiente (abiótico, biótico y socioeconómico) en la subregión Valles de San Nicolás. Dicha propuesta se basa en un análisis matricial combinado con una herramienta SIG, que permitió evaluar diferentes sitios desde su viabilidad, ambiental, social, económica y física y entregar tanto a las Administraciones municipales como a la Corporación una estrategia metodológica que, incorporando lo planteado en el decreto 838, permita una toma de decisiones territoriales acertadas.

Palabras clave: residuos sólidos, multidimensional, territorio, ambiental, planificación.

* Arquitecta, magister en Medioambiente y Desarrollo, docente investigadora de la Universidad de San Buenaventura, seccional Medellín. Correo electrónico: diana.valencia@usbmed.edu.co.

** Ingeniera ambiental, especialista en Sistemas de Información Geográfica, docente investigador de la Facultad de Artes Integradas de la Universidad de San Buenaventura, seccional Medellín.

*** Ingeniero civil, especialista en Sistemas de Información Geográfica, docente investigador de la Facultad de Artes Integradas de la Universidad de San Buenaventura, seccional Medellín. Correo electrónico: enrique.vanegas@usbmed.edu.co.

METHODOLOGY FOR THE LOCATION OF A TREATMENT AND SOLID WASTE DISPOSAL REGIONAL PARK, FROM A MULTIDIMENSIONAL PERSPECTIVE

ABSTRACT

The issue of handling and disposal of solid waste in eastern Antioquia has always been a topic of special concern and attention from CORNARE and local authorities. This article presents the findings of a project conducted by Universidad de San Buenaventura, School of Arts, City Project Group, founded by CORNARE, which aims to present the methodology developed for the identification of potential areas for the settlement of a park of Treatment and Disposal of Solid Waste Regional Type, having as support the description, characterization and analysis of (abiotic, biotic, and socio-economic) environment in Valles de San Nicolás region. This proposal is based on a matrix analysis tool combined with GIS, which allowed us to evaluate different sites from its environmental, social, economic, and physical feasibility, and deliver to both local governments and to the Corporation, a methodological strategy, which incorporating what has been stated in Decree 838, allows making appropriate territorial decisions.

Key words: solid waste, multidimensional, land, environmental, planning.

INTRODUCCIÓN

El manejo y disposición final de los residuos sólidos en el oriente antioqueño siempre ha sido una preocupación y tema de especial atención desde CORNARE y los entes territoriales. Desde el año 1992, CORNARE cofinanció estudios y diseños en los municipios de su jurisdicción, tendientes a apoyar la construcción de los diferentes rellenos sanitarios de acuerdo con las disposiciones vigentes[1]. Desde esta misma época la Corporación viene adelantando en los municipios los proyectos de manejo integral de residuos sólidos con participación comunitaria, de los cuales municipios como Carmen de Viboral, El Peñol y San Vicente, entre otros, lograron la implementación de experiencias piloto, que se han venido replicando en los diferentes municipios. Entre otras acciones relacionadas con la temática, está el desarrollo de programas que han incluido la conformación de 10 grupos asociativos de reciclaje, recuperación y transformación de residuos sólidos (dos para el municipio de Rionegro y uno por cada municipio restante). A la fecha todos los municipios de la jurisdicción de CORNARE cuentan con su programa en operación de manejo integral de residuos sólidos con participación comunitaria. Se resalta el interés de los distintos actores de la subregión a través de los entes territoriales, empresas de servicio público de aseo y la autoridad ambiental de buscar alternativas de solución regional que permitan el desarrollo de proyectos sostenibles con economía de escala y cadenas productivas [2].

Frente al panorama anteriormente descrito, bajo el cual se orienta la investigación que aquí se presenta, sumado a que actualmente existen 23 rellenos sanitarios de tipo local, para igual número de municipios, se evidencia una aguda problemática frente a la disposición final de los residuos sólidos generados en los municipios de Rionegro, El Retiro y Guarne, dado que éstos no cuentan con sitio de disposición final y los residuos generados son enviados al parque ambiental La Pradera del municipio de Don Matías, lo cual actualmente ge-

nera altos costos de transporte y disposición final. Sumado a ello, otros rellenos sanitarios cercanos se encuentran con una vida útil corta, no mayor a cinco años.

Es de gran importancia para CORNARE y para la región del oriente antioqueño proponer y materializar alternativas de solución a la problemática, soportadas en elementos que le impriman condiciones de sostenibilidad ambiental y social, frente a la gestión integral de los residuos sólidos, especialmente en el componente de disposición final, con el propósito de potenciar un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes de la región. Se debe tener en cuenta que algunos municipios que conforman la Subregión Valles de San Nicolás plantearon, dentro de la formulación de sus planes de gestión integral de residuos sólidos, alternativas de tipo regional como componente fundamental hacia la consolidación y rentabilidad de proyectos de disposición final, aprovechamiento y valoración de residuos sólidos.

Es por lo anterior que la propuesta metodológica derivada del proyecto de investigación, se convierte en una alternativa viable para determinar las áreas potenciales para la implementación de proyectos de tipo regional para la localización de un parque de tratamiento y disposición final de residuos sólidos, analizando las dimensiones económica, social, biofísica y físico espacial, y teniendo como base los componentes abiótico, biótico y socioeconómico. Esto se convertirá en un aporte importante para contribuir al mejoramiento de las condiciones ambientales y de vida en la región objeto de estudio.

1. METODOLOGÍA

Al inicio del proyecto, fue necesario plantear una ruta metodológica clara, que permitiera unir los propósitos inherentes a una investigación, en cuanto a la búsqueda de conocimiento con la búsqueda de una solución práctica, que fuera útil no solo a los propósitos investigativos, sino también

a la gestión territorial que realiza CORNARE como institución. En este sentido, y luego de definir dos rutas metodológicas, se procedió a tomar la decisión de una de ellas, la cual se describe a continuación:

En primer lugar, teniendo en cuenta que el decreto 838 de 2005 establece el procedimiento oficial, criterios, metodología, prohibiciones y restricciones para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos, era importante considerar que dicho procedimiento debía llevarse a cabo por ley, a pesar de las falencias metodológicas que pudiese tener. Este hecho condicionó toda la metodología de trabajo, en la medida en que no se partió de cero en el proceso de análisis, sino que se consideró la aplicación de la metodología del decreto mencionado, a través de la cual se obtuvieron unas zonas catalogadas como buenas, malas y regulares. A las zonas buenas se les evaluó respecto a otras variables no consideradas en el decreto desde el punto de vista social, económico y ambiental, las cuales tienen pesos distintos a los que se encuentran en la norma citada. Esto permitió que la escogencia de las áreas potenciales fuera mucho más restrictiva y planteara un análisis holístico del territorio.

En segundo lugar, fue necesario analizar desde el punto de vista ambiental, las zonas resultantes de la combinación de las zonas del decreto 838 más las nuevas variables, con el fin de disminuir impactos y costos, y establecer medidas de compensación. En la ejecución de estas instancias, se utilizaron herramientas tanto cualitativas como cuantitativas para el logro de los objetivos, en un contexto analítico lógico-deductivo.

2. RESULTADOS

El decreto 838 de 2005 [1], en su “Procedimiento, criterios, metodología, prohibiciones y restricciones para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos”, obliga a que los municipios seleccionen y establezcan, en el pro-

ceso de formulación del plan de gestión integral de residuos sólidos - PGIRS, las áreas potenciales para la localización del sitio para la disposición final de residuos sólidos, para posteriormente realizar una evaluación de cada uno de las áreas potenciales definidas, con base en los criterios y metodología del artículo 5° “Criterios y metodología para la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario”. Estos criterios poseen su respectiva escala de valoración, con un puntaje máximo de la evaluación de 1.000 puntos, y establecen, además, que el puntaje obtenido por cada área potencial no indica el descarte o rechazo de alguna de las mismas, sino que indica una posición dentro de un orden de elegibilidad, de mayor a menor, de acuerdo con el valor del puntaje obtenido, y con base en este orden se incorporarán al plan, esquema o plan básico de ordenamiento territorial, según sea el caso, de cada entidad territorial.

En el párrafo 1°, del artículo 5, define que “Deberá incluirse, en los Planes de que trata el numeral 4 del artículo 4° del presente decreto, todas aquellas áreas que obtengan un puntaje igual o superior al 60% del puntaje obtenido por el área mejor calificada en el orden de elegibilidad” [1].

Si bien el decreto 838 de 2005 impone el uso de variables y su correspondiente escala de valoración dependiendo de la variable, también permite calificar cada uno de los sitios; esta calificación solo se surte una vez se identifiquen los sitios; sin embargo, el decreto no contempla una metodología de selección previa de sitios. Con el uso de las herramientas SIG, esta metodología del decreto debió adaptarse para identificar los sitios potenciales, conjuntamente con los criterios de valoración, ya que el SIG permite calificar cada sitio del territorio con sus correspondientes variables, para la totalidad del territorio y posteriormente con el uso de análisis espacial, seleccionar en el territorio, la porción o porciones del mismo mejor calificadas.

En resumen, el decreto contempla una metodología tabular para calificar un sitio preestablecido,

en la cual el evaluador, para cada criterio, realiza una calificación observando la información disponible, a diferencia del SIG que permite calificar la totalidad del territorio integrando las variables desde el inicio del proceso, siempre que se cuente con los temáticos o que sean susceptibles de espacializar y/o se posea la suficiente información para espacializarlas. Esta situación hace necesario calificar la totalidad del territorio, solo con las variables contempladas en el decreto 838 de 2005 y que sean susceptibles de espacializar, reconociendo que existen variables que desde el análisis espacial no es posible integrar desde el principio de este, por lo que su integración se hará en una segunda etapa de evaluación (evaluación final) con los sitios previamente seleccionados.

Una vez revisada la información espacial resultante del análisis con la aplicación del 62% de los parámetros (espacializados), el equipo técnico

escogió varios sitios que presentaban calificaciones por encima del 60% del valor máximo, con el fin de preseleccionar las zonas para los recorridos de campo, que permitieran evaluar como mínimo cuatro sitios con características técnicas adecuadas, con el fin de aplicarles posteriormente los parámetros o componentes adicionales contemplados en la metodología del decreto.

Para la calificación final de la zona fue necesario considerar otros factores o variables que se denominaron las variables moderadoras. En la tabla 1 se presentan las variables moderadoras por dimensión:

Estas variables moderadoras se ponderan mediante la aplicación de álgebra matricial, lo que arrojó una calificación por parte del equipo técnico por dimensión. En la tabla 2 se relaciona el resultado de dicha ponderación.

Tabla 1. Variables moderadoras por dimensión

		Calificación	
		<i>Califique de 1 a 10; siendo 1 poco relevante, 5 medianamente relevante y 10 extremadamente relevante</i>	
Dimensión	Socioculturales	Modificación de las dinámicas productivas	
		Proximidad a asentamientos poblacionales	
		Desplazamiento de población generada por el emplazamiento del PTRS	
		Alteración de los patrones culturales y de identidad (turismo, patrimonio)	
		Total	
	Nivel de impacto ambiental	Potencial afectación al recurso hídrico (por cercanía de fuentes hídricas a la descarga de lixiviados)	
		Potencial afectación al paisaje	
		Potencial afectación por olores ofensivos (en dirección predominante de los vientos hacia centros poblados)	
		Potencial afectación visual y por olores, por el número de rutas de transporte hasta el sitio de disposición	
		Total	
	Económicos	Costo transporte residuos sólidos	
		Valor de la tierra (por el uso potencial)	
		Costo de adecuación y emplazamiento	
		Relación costo / beneficio	
		Total	
	Calificación total área potencial no.		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Resultado final de ponderaciones

<i>Resultado final ponderaciones</i>	
<i>Importancia ponderación final</i>	<i>Parámetro criterio</i>
0,52	Nivel de impacto ambiental
0,38	Sociocultural
0,10	Económicos

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber aplicado al territorio una evaluación que combinaba variables cualitativas y cuantitativas, se obtuvo un consolidado del valor final de cada una de las zonas evaluadas, lo que permitió seleccionar las cuatro zonas mejor calificadas que en orden de mayor a menor son: Zona 7 con 714, Zona 2 con 647, Zona 3 con 504 y Zona 8 con 440. De estas, se descarta la zona 1 que a pesar de haber obtenido un valor de 498 (mejor calificada que la zona 8), posee un alto porcentaje de su área localizada en zona prohibida, lo que imposibilita el uso de la misma como PTRS. Estas cuatro zonas seleccionadas serán objeto de la aplicación de la metodología multicriterio, para seleccionar la zona o sitio a usar como mejor alternativa, integrándola con la capacidad (43.2 ha) y el escenario seleccionado (según metodología multicriterio).

Hasta ahora el procedimiento llevado a cabo para la localización del parque de tratamiento de residuos sólidos de tipo regional ha consistido en aplicar algunos criterios del decreto 838 para determinar áreas potenciales en el territorio subregional y, posteriormente, la aplicación de los criterios faltantes a dichas áreas. Hasta ahí se ha cumplido con los requerimientos de norma, pero como el espíritu de la investigación ha sido trascender lo normativo con la incorporación de aquellas otras dimensiones no tenidas en cuenta en el decreto pero que son de gran importancia para dicha toma de decisiones, se recurre al empleo de la metodología de análisis multicriterio como aquella que posibilitará la incorporación de los elementos restantes.

Tabla 3. Descripción de zonas preseleccionadas

<i>Zona N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Calificación final de la zona (calificación final d838/05 - 20 x dimensión)</i>
1	Zona costado occidental vía La Ceja - La Unión (vereda Lomitas - municipio La Ceja)	498
2	Zona vereda La Linda (municipio del Carmen de Viboral)	647
3	Zona veredas San Juan (municipio de La Unión) - La Linda (municipio del Carmen de Viboral)	504
4	Zona adyacente a la vía San Juan - costado sur (vereda San Juan - municipio de La Unión)	397
5	Zona potencial (Curva Cerrada) Vereda Santa Ana San Vicente	234
6	Zona potencial Finca La Envidia - (vereda La Floresta municipio de San Vicente)	279
7	Zona potencial Vereda La Floresta (vía San Vicente Peñolcito)	714
8	Zona potencial en la vereda La Enea (municipio de San Vicente)	440
9	Zona potencial cercana al río La Miel (vereda Puente Peláez - municipio de El Retiro)	436
10	Zona potencial costado occidental vía El Retiro - Montebello (vereda Puente Peláez - municipio de El Retiro)	299

Fuente: elaboración propia.

El análisis multicriterio (figura 1) se utiliza para emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas, en este caso, entre escenarios definidos por los actores involucrados.

A continuación se describen las diferentes actividades propuestas para la valoración y aplicación de criterios adicionales para la selección de un escenario. Inicialmente fue necesario definir los actores decisores, por estar directamente relacio-

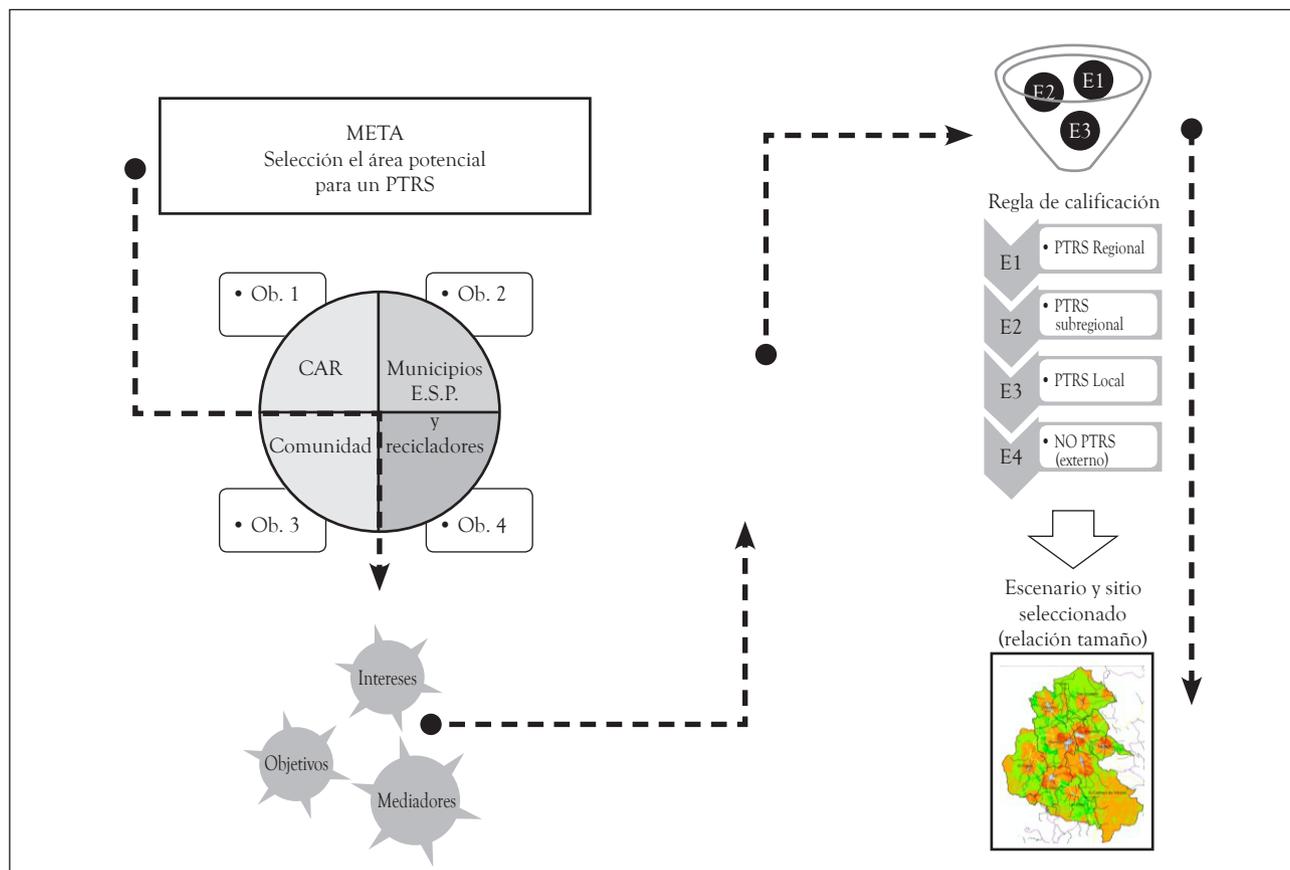


Figura 1. Metodología análisis multicriterio

Fuente: elaboración propia.

nados con la problemática de la disposición final de residuos sólidos, los cuales permitieron calificar los diferentes niveles de la aplicación de la metodología, así como definir los objetivos e intereses de cada uno de los actores, lo que implicó decidir los escenarios y los sitios seleccionados para la solución de la problemática de la disposición final de los residuos sólidos en el Valle de San Nicolás.

Los actores decisores se unificaron en cuatro grupos con objetivos e intereses comunes así:

- CORNARE: Corporación Autónoma Regional (CAR), como autoridad ambiental encargada de regular la localización y operación de los rellenos sanitarios.
- Municipios: entes territoriales encargados del ordenamiento y planificación de su territorio, en el cual como determinante ambiental tiene

la obligación de seleccionar sitios para la disposición final de residuos sólidos y reservar dichas áreas como suelos de protección por infraestructura en el plan de ordenamiento territorial.

- Comunidad: como receptores directos de algunos de los impactos ambientales y como usuarios o beneficiarios de la solución a la problemática de la disposición de los residuos sólidos en la subregión.
- Empresa Prestadora de Servicios Públicos y grupos de recicladores: como administradores de los sitios seleccionados o quienes hagan sus veces en el municipio.

Adicionalmente existe otra categoría que aplica solo para calificación que permite la selección de

los sitios para la disposición final de residuos sólidos, en la cual se incluyen:

- Equipo técnico interdisciplinario investigador (USB): seleccionan y evalúan los sitios para la aplicación definitiva, la cual podrá ser validada posteriormente (expost) por el equipo técnico interdisciplinario corporativo (CORNARE).
- Equipo técnico interdisciplinario corporativo (CORNARE): para la validación de la metodología (expost) y realización del DAA con los sitios preseleccionados.

Para cada uno de los actores decisores (AD), se definirán sus respectivos objetivos e intereses, así:

- CORNARE (AD1)
Objetivo (Ob.1): Seleccionar el sitio que genere el mínimo impacto ambiental.
- Municipios (AD2).
Objetivo (Ob.2): Seleccionar sitios que se incorporen como áreas reservadas en calidad de suelos de protección por infraestructura a través de su plan de ordenamiento territorial.
- Comunidad (AD3).
Objetivo (Ob.3): Seleccionar el sitio que genere la mínima afectación al entorno inmediato (comunidades aledañas).
- Empresa Prestadora de Servicios Públicos y grupos de recicladores (AD4):
Objetivo (Ob.4): Seleccionar el sitio de mínimo costo y mayor vida útil.

Luego de tener claros los actores, sus objetivos, se analizaron los diferentes escenarios por parte de cada actor, determinando sus calificaciones de la siguiente manera, a través de tres tipos de calificaciones.

Calificación 1 entregada por los distintos actores, de acuerdo con los objetivos de cada uno, valorando los escenarios propuestos.

Calificación 2. De los escenarios, a partir de la cual se determina el más viable de acuerdo con los intereses de los actores.

Calificación 3. Calificación de las áreas potenciales considerando el escenario escogido y el interés.

Meta: Seleccionar el área potencial con mejores condiciones para resolver la problemática de la disposición final de residuos sólidos de la subregión Valles de San Nicolás.

Los siguientes son los escenarios posibles, definidos por el equipo técnico de investigadores de acuerdo con la meta planteada.

Escenario 1 (E1): Parque de tratamiento de residuos sólidos (PTRS) regional.

Este escenario pretende definir un solo sitio, con el tamaño suficiente para la proyección de residuos sólidos de los próximos 30 años, localizado en el Valle de San Nicolás, requeriría un área aproximada de 42 ha.

Escenario 2 (E2): Parque de tratamiento de residuos sólidos (PTRS) regional.

Este escenario pretende definir varios sitios (2 ó 3) que, sumando sus áreas, garanticen el tamaño suficiente para la proyección de residuos sólidos de los próximos 30 años, localizado en el Valle de San Nicolás; requeriría dos zonas (Sur - Norte), cada una con un área aproximada de 21 ha.

Escenario 3 (E3): Parques de tratamiento de residuos sólidos (PTRS) locales.

Este escenario pretende definir de manera individual (para cada municipio de manera autónoma), sin considerar las relaciones con sus vecinos, los sitios que permitan localizar un relleno sanitario local.

Escenario 4 (E4): No disponer los residuos sólidos en la subregión (solución externa).

Este escenario, considerado como el *escenario no proyecto*, partiría del supuesto que en Valles de San Nicolás no se dispondría de sitios para la disposición final de residuos sólidos, es decir, los residuos sólidos producidos serían transportados y dispuestos en un sitio fuera de la subregión.

Frente a la respuesta para el manejo de los residuos sólidos en la subregión se evaluaron los escenarios entre sí, buscando determinar la pertinencia de cada uno para las condiciones particulares de la subregión. Dicho análisis se realizó empleando la metodología de análisis par a par, representada en

una matriz de doble vía, donde cada escenario se analiza en relación con los otros tres. Este análisis fue realizado por el equipo técnico considerando las posibilidades que cada escenario ofrecía. A través de una ponderación matricial, este grupo de actores califica la importancia que cada uno de los escenarios tiene para el caso de estudio. Posteriormente a la realización de una ponderación para cada uno de los parámetros o criterios adicionales definidos, se procede a evaluar desde los diferentes parámetros en consideración los cuatro escenarios posibles para dar respuesta a la meta, buscando encontrar cuál de los escenarios es el mejor evaluado por los tres parámetros y con esto, tener otro argumento de decisión, frente al escenario a seleccionar.

Como conclusión de la evaluación de los parámetros por parte de los actores se encontró que el parámetro con mayor peso en la toma de decisiones fue el relacionado con el nivel de impacto ambiental[3], con un peso del 52%, de la ponderación total distribuidas en estos tres parámetros (tabla 4):

Tabla 4. Ponderaciones por criterio

<i>Resultado final ponderaciones</i>	
<i>Importancia ponderación final</i>	<i>Parámetro criterio</i>
0,52	Nivel de impacto ambiental
0,38	Sociocultural
0,10	Económicos

Fuente: elaboración propia.

Posterior a la evaluación de cada uno de los escenarios por los parámetros definidos se obtiene un cuadro consolidado, donde se presenta el resultado de la evaluación de cada escenario y su comportamiento por parámetro, identificando las debilidades y fortalezas de cada uno y aquel que presenta un comportamiento más equilibrado frente a los parámetros (tabla 5).

En la tabla 5, se observa cómo el escenario mejor calificado a través del consolidado de evaluación de los parámetros adicionales es el escenario regional (**E1**) con un puntaje de 0.30, seguido del escenario subregional (**E2**) con un puntaje de 0.26. Teniendo en cuenta dicha calificación y considerando el análisis de capacidad, se procede a retomar los cuatro sitios con la mejor calificación obtenida, evaluando los sitios con una estrategia par a par, similar a la empleada en otras instancias del proceso. Para la evaluación de los sitios, con base en los criterios o parámetros establecidos, se tuvieron en consideración los elementos incluidos en la tabla 6 (página siguiente).

Los elementos a considerar en cada parámetro han sido el resultado del trabajo del equipo técnico interdisciplinario, en la relación con los aspectos relevantes en cuanto a la infraestructura y el proyecto de interés, desde el escenario deseado por cada componente. Las zonas preseleccionadas con mayor puntaje de acuerdo a la metodología anteriormente descrita son, según la tabla 7, las siguientes:

Tabla 5. Resultado de la evaluación de escenarios por parámetro

<i>Resultado evaluación escenarios x parámetros</i>				
<i>Matriz</i>	<i>Escenario 1. Ptrs regional</i>	<i>Escenario 2. Ptrs subregional</i>	<i>Escenario 3. Ptrs local</i>	<i>Escenario 4. No proyecto (externo a la subregión)</i>
Socioculturales	0,3999	0,3771	0,4885	0,1715
Nivel de impacto ambiental	0,3658	0,3136	0,3315	0,2161
Económicos	0,2342	0,3092	0,1800	0,6125
Ponderación escenarios	0,2977	0,2569	0,2060	0,2395
Calificación final escenarios o alternativas	0,30	0,26	0,21	0,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Elementos a considerar en el análisis de los parámetros

Socioculturales	Modificación de las dinámicas productivas
	Proximidad a asentamientos poblacionales
	Desplazamiento de población generada por el emplazamiento del PTRS
	Alteración de los patrones culturales y de identidad (turismo, patrimonio)
Nivel de Impacto Ambiental	Potencial afectación al recurso hídrico (por cercanía de fuentes hídricas a la descarga de lixiviados)
	Potencial afectación al paisaje
	Potencial afectación por olores ofensivos (en dirección predominante de los vientos hacia centros poblados)
	Potencial afectación visual y por olores, por el número de rutas de transporte hasta el sitio de disposición
Económicos	Costo transporte residuos sólidos
	Valor de la tierra (por el uso potencial)
	Costo de adecuación y emplazamiento
	Relación costo / beneficio

Fuente: elaboración propia

Luego de haber evaluado los sitios entre sí en relación a los parámetros criterios seleccionados (siguiendo las directrices consideradas para cada uno), se obtuvo una matriz (tabla 8) donde se sintetizó el consolidado de dicha evaluación, para los cuatro sitios escogidos.

Los sitios con mejor evaluación desde los criterios sociocultural y del económico son los sitios 2 (0.4046) y el 3 (0.2513), los cuales se ubican contiguos (existe relación de proximidad). Respecto del criterio denominado nivel de impacto ambiental, el sitio mejor calificado fue el sitio 2 que obtuvo una calificación de 0.3949, seguido del sitio 3 (0.2849).

La calificación definitiva para cada sitio, integrando el componente sociocultural, nivel de impacto ambiental y el económico, fueron en su orden:

Sitio 2 (Zona 2): Calificación final 0.39

Sitio 3 (Zona 3): Calificación final 0.27

Sitio 1 (Zona 7): Calificación final 0.23

Sitio 4 (Zona 8): Calificación final 0.11

Los sitios poseen las siguientes áreas aproximada (en hectáreas):

Zona 2: 39.3 ha

Zona 3: 11.7 ha

Zona 7: 52.3 ha

Zona 8: 8.1 ha

Por lo tanto, la zona o sitio potencial para el emplazamiento de un parque de tratamiento de

Tabla 7. Calificación final de la zona

Zona N°	Sitio N°	Descripción	Calificación final de la zona (calificación final d838/05 - 20 x dimensión)
7	1	Zona potencial vereda La Floresta (vía San Vicente Peñolcito)	714
2	2	Zona vereda La Linda (municipio del Carmen de Viboral)	647
3	3	Zona veredas San Juan (municipio de La Unión) - La Linda (municipio del Carmen de Viboral)	504
8	4	Zona potencial en la vereda La Enea (municipio de san vicente)	440

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Consolidado del resultado de la evaluación de los sitios por parámetro.

Resultado evaluación sitios x parámetros					
Matriz	Sitio 1 (zona 7)	Sitio 2 (zona 2)	Sitio 3 (zona 3)	Sitio 4 (zona 8)	Ponderación parámetros
Socioculturales	0,3076	0,3165	0,1879	0,1879	0,3778
Nivel de impacto ambiental	0,3076	0,3165	0,1879	0,1879	0,5190
Económicos	0,3076	0,3165	0,1879	0,1879	0,1032
Calificación final de sitios	0,31	0,32	0,19	0,19	

Fuente: elaboración propia.

residuos sólidos debería ser la zona 2 (sitio 2) aunque su área total (39.3 ha) es ligeramente inferior al área mínima requerida para la producción per cápita proyectada (42 ha, aproximadamente); sin embargo, la zona 3 (sitio 3) con (11.7 ha) se localiza

en una área aledaña a la zona 2, separada por la vía veredal, con lo que sería posible ampliar el área del lote, para un total de 60 ha.

A continuación se ilustra la zona 2, describiendo sus características:

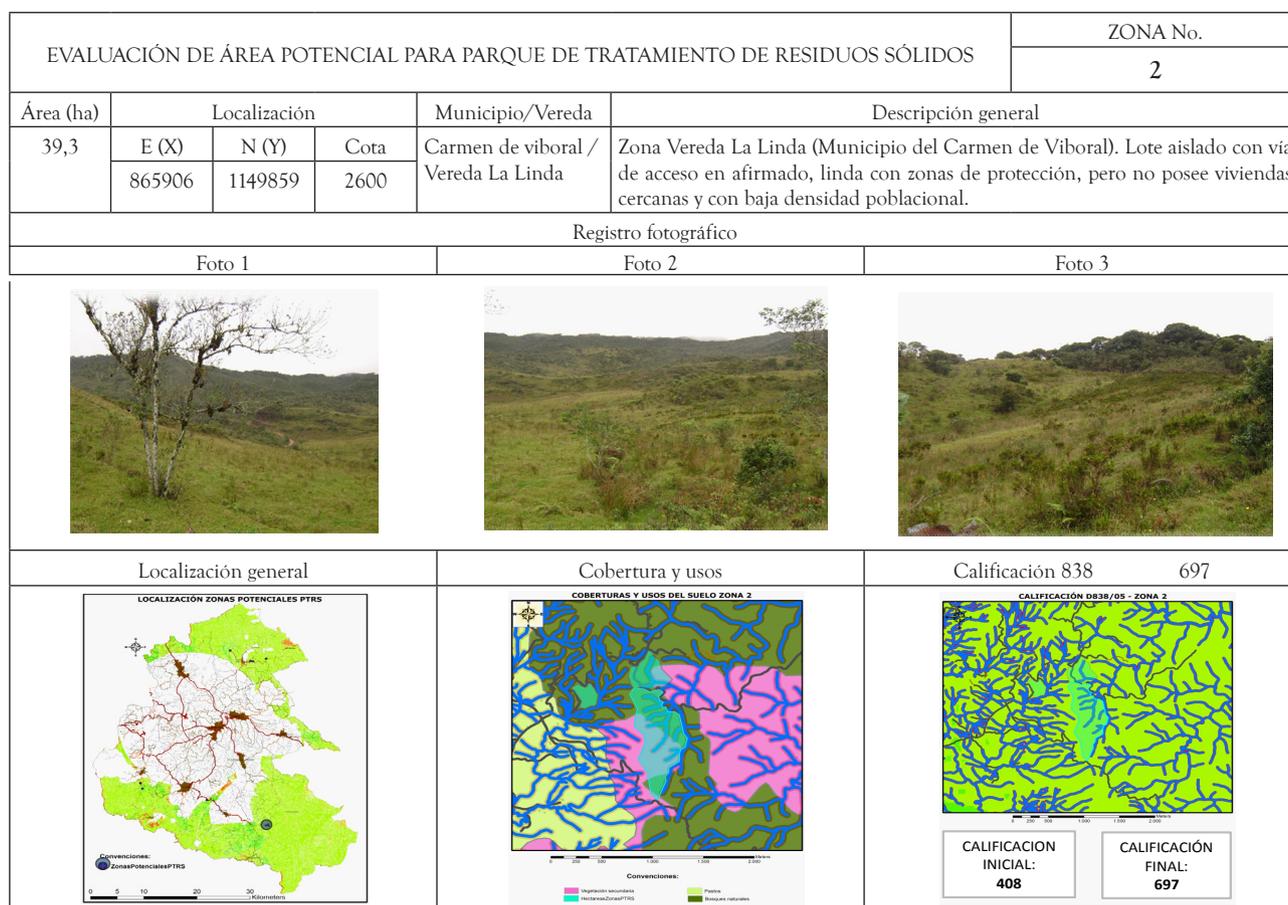


Figura 2. Descripción y caracterización de la zona 2.

Fuente: elaboración propia.

Aunque el estudio presenta como resultado el escenario regional, como el de mejor comportamiento, económico, sociocultural y de nivel de impacto, sería conveniente desde el punto de vista técnico, reservar la zona 7, como una contingencia de carácter regional, con lo que se podría ampliar al doble la vida útil y la proyección del parque de tratamiento (60 años aproximadamente) y reconfigurar un esquema paralelo a mediano plazo, con la integración de un esquema subregional, que permita distribuir los flujos de macro rutas, con un PTRS Norte y un PTRS Sur. Esto permitiría proyectar dos centrales de transferencia a mediano plazo (Norte - Sur).

3. CONCLUSIONES

Una vez aplicadas las variables faltantes del decreto 838, adicionando las variables de control y la metodología multicriterio, la investigación ha encontrado como resultado final que la alternativa más viable, es la de un parque de tratamiento de residuos sólidos de carácter regional. Por lo tanto, luego de realizar el análisis de los sitios previamente determinados, se encontró que la propuesta de parque de tratamiento de residuos sólidos de carácter regional (PTRSR), debería ejecutarse en la zona 2 (sitio 2), con la adición de la zona 3 (sitio 3), para consolidar un lote con una área total de 60 ha, con lo cual se garantiza una vida útil aproximada de 30 años.

Estas zonas (2 y 3) tienen unas potencialidades que deberán ser validadas con la elaboración de un diagnóstico ambiental de alternativas (DAA), el cual se recomienda realizar con la inclusión del escenario no proyecto y por lo menos con 3 zonas

adicionales seleccionadas de la aplicación del decreto 838 inicial (En lo posible incluir nuevos lotes no evaluados). Una de las grandes ventajas de las zonas seleccionadas es que presentan coberturas vegetales en pastos y rastrojos bajos, y localizarse aledaño a una zona de protección, para la cual, si se considera una zona de amortiguamiento adecuada, el sitio ayudaría a la conservación de la zona de bosque protector, evitando la interferencia con comunidad de vecinos.

Por obvias razones, las comunidades vecinas asentadas a lo largo de la vía se verán afectadas por el proyecto; pero deberán integrarse al mismo desde la fase de perfectibilidad con aplicación de un plan de gestión social, que incluya un proceso comunicacional y los integre a la implementación de medidas ambientales o al plan de gestión ambiental a considerar en el DAA y EIA [3]. Las zonas inicialmente seleccionadas (las tres mejor calificadas: zonas 2, 3 y 7) deberían incluirse dentro de los PGIRS municipales y, por consiguiente, en los respectivos POT, buscando que en el corto plazo dichas zonas sean afectadas y no se destinen a usos diferentes a los planteadas en el PGIRS.

REFERENCIAS

- [1] *Decreto 838 de 2005* Presidencia, 2005.
- [2] AMVA, "Formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos", Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006.
- [3] MINAMBIENTE, "Terminos de Referencia para Estudio de Impacto Ambiental Rellenos Sanitarios", Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia, 2006.