



Planteamiento de prueba piloto para la gestión de residuos orgánicos aprovechables de los barrios San José, El dorado y Jardines en el municipio de Envigado, Antioquia.

Mateo Barrera Agudelo

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesores (a)

Verónica Isabel Castro Sánchez

Viviana Valencia Ospina

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental.

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(Barrera Agudelo , 2022)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Barrera Agudelo, M. (2022). <i>Planteamiento de prueba piloto para la gestión de residuos orgánicos aprovechables de los barrios San José, El dorado y Jardines en el municipio de Envigado, Antioquia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Introducción	7
Objetivos	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos	8
Marco Teórico.....	9
Metodología	13
Resultados y Análisis	18
Realización de encuestas:	18
Costos de sensibilización y capacitación:	22
Propuesta para el diseño de la ruta de recolección:	24
<i>Recopilación de Información Clave para el Estudio</i>	25
<i>Descripción detallada del Medio Físico y Socioeconómico</i>	25
<i>Descripción detallada de operaciones</i>	25
<i>Indicadores de eficiencia</i>	25
<i>Diseño de rutas de recolección selectiva de residuos orgánicos</i>	27
Propuestas de servicio para el aprovechamiento de los residuos orgánicos	29
Costos de adquisición y operación del vehículo recolector	31
Conclusiones.....	34
Referencias bibliográficas.....	35

Lista de Tablas

Tabla 1 Tipos de residuos generados en los establecimientos encuestados -----	19
Tabla 2 Cantidad de locales encuestados que separan los residuos orgánicos de los inorgánicos -- -----	20
Tabla 3 Frecuencia con la que los establecimientos sacan sus residuos orgánicos y promedio de kilogramos por día -----	21
Tabla 4 Costos por mes de socialización y capacitación de ruta selectiva orgánica -----	23
Tabla 5 Comparativo de características, certificados, valores agregados y tarifas de las empresas seleccionadas -----	30
Tabla 6 Precio correspondiente a la adquisición del vehículo recolector -----	32
Tabla 7 Costos de operación del vehículo recolector para la prueba piloto de ruta de recolección de residuos orgánicos -----	33

Lista de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del barrio Jardines -----	14
Figura 2 Mapa de ubicación del barrio El Dorado -----	15
Figura 3 Mapa de ubicación del barrio San José -----	15
Figura 4 Personal de Enviaseo E.S.P. realizando encuestas a locales comerciales -----	18
Figura 5 Personal de Enviaseo E.S.P. realizando encuestas a locales comerciales -----	18
Figura 6 Fotografía de los dinamizadores ambientales del programa “Yo sumo por mi barrio” -	22
Figura 7 Ejemplo de Tiempos de recolección para una ruta de recolección en una municipalidad de México -----	26
Figura 8 Ejemplo de indicadores de rutas de recolección para una ruta de recolección en una municipalidad de México -----	27
Figura 9 Ejemplo de plano de ruta de recolección selectiva -----	28
Figura 10 Camión Chevrolet chasis NQR modelo 2022 Euro IV ABS -----	32

Planteamiento de prueba piloto para la gestión de residuos orgánicos aprovechables de los barrios San José, El dorado y Jardines en el municipio de Envigado, Antioquia.

Resumen

La gestión de los residuos sólidos en los centros urbanos se ha convertido en una problemática por sus consecuencias ambientales y de salud pública. Gran parte de los residuos que son generados en las ciudades son de origen orgánico, por lo que se deben plantear alternativas para el aprovechamiento de estos, teniendo en cuenta que están siendo desperdiciados al ser dispuestos en los rellenos sanitarios.

En el desarrollo de este informe se realizó un planteamiento para la elaboración de una prueba piloto de rutas selectivas para la gestión y aprovechamiento de los residuos orgánicos en un sector del municipio de Envigado comprendido por tres barrios: San José, El Dorado, y Jardines. La selección del área de estudio se hizo recopilando información de la cantidad de establecimientos comerciales que se encontraban en los tres barrios comprendidos.

Se elaboró un paso a paso donde se definen todos y cada uno de los parámetros a tener en cuenta para el desarrollo de la prueba piloto. Lo anterior incluyó, visitas a los establecimientos comerciales de los barrios en estudio, con encuestas que dieron información para un análisis sobre el manejo y la disposición que se le está dando a los residuos orgánicos. También se presentó y se hizo un análisis de todos los costos asociados al proyecto, comprendiendo todos los gastos que van desde la sensibilización y socialización de la ruta selectiva con la comunidad, hasta aquellos implicados en el diseño de la ruta selectiva de recolección de residuos orgánicos, y la gestión para su posterior aprovechamiento.

1. Introducción

Con más del 70% de la población de América Latina y el Caribe habitando en zonas urbanas, la gestión de residuos orgánicos principalmente de origen residencial se ha convertido en un problema complejo, principalmente en los grandes centros urbanos. Los residuos orgánicos generados en los hogares conformados por residuos de alimentos y de poda (jardín), son una fracción significativa de los residuos sólidos municipales, representando hasta dos terceras partes de los residuos sólidos residenciales en países en desarrollo (Manzi et al., 2020).

La gestión adecuada de la fracción de los residuos orgánicos aprovechables, hacen parte de una economía circular, en donde se aprovechan los nutrientes y la energía contenida para la obtención de productos finales valiosos que conducen a un incremento significativo en las tasas globales de reciclaje, además de mejorar los resultados en la recuperación de otras fracciones de materiales, reducir los impactos ambientales y alargar la vida útil de los rellenos sanitarios (EEA, 2016). El aprovechamiento de residuos orgánicos es entonces un eslabón más a la cadena de proyectos que se realizan en pro de implementar una educación y sensibilización a la correcta separación de residuos desde la fuente y a la recuperación de un gran volumen de material orgánico que sirve como materia prima en la obtención de un abono orgánico óptimo para la recuperación de los suelos (AMVA y CORANTIOQUIA, 2000).

Cuando se trata de una disposición final en el departamento de Antioquia, más específicamente en el municipio de Envigado según las caracterizaciones realizadas, se encuentra que, entre el 50% y el 60% de la totalidad de los residuos generados por persona, son de características orgánicas (Enviaseo, 2015), y a pesar de que se tiene identificada la producción de residuos orgánicos en el municipio, no se han realizado pruebas de rutas electivas que determinen las variables que se puedan tener en cuenta para una producción de residuos orgánicos aproximado

de 107 a 112 toneladas al día. Además, se evidencia que en la población residencial del Municipio de Envigado no hay una cultura de separación de residuos orgánicos en la fuente que evite macro contaminantes que afecten el tratamiento y posterior aprovechamiento.

Es por esto que durante el desarrollo de esta práctica académica se propone el planteamiento inicial de una prueba piloto para gestionar los residuos orgánicos aprovechables en un sector compuesto por tres barrios dentro del municipio de Envigado. Se tuvo como finalidad articular tres aspectos principales: el fomento de una cultura ambiental ciudadana en cuanto a la separación de residuos en la fuente, el diseño de una ruta selectiva para la recolección de los residuos orgánicos, y la gestión para darle una disposición y aprovechamiento adecuado a este tipo de residuos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Elaborar una prueba piloto de rutas selectivas para la gestión y aprovechamiento de residuos orgánicos de los barrios San José, El dorado y Jardines en el municipio de Envigado, Antioquia.

2.2 Objetivos específicos

- Definir los parámetros y los costos asociados al diseño de una ruta selectiva para la recolección de residuos orgánicos.
- Fomentar la formación de una cultura ambiental ciudadana para el reciclaje de los residuos orgánicos.

- Establecer un protocolo de procesos que permita la correcta recolección de residuos orgánicos en la fuente.
- Gestionar la disposición final y aprovechamiento de residuos orgánicos provenientes de la fuente.
- Estimar los costos proyectados que determinen la viabilidad y autosostenibilidad del proyecto.

3. Marco Teórico

El desarrollo económico lleva consigo diferentes actividades y procesos que llevan implícitos la generación descontrolada de todo tipo de residuos, por lo que surgen los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de los cuales se encargan las diferentes autoridades regionales de orden municipal y, buscan maximizar el aprovechamiento de los desechos con el fin de reincorporarlos a un nuevo sistema productivo o en caso contrario darles una adecuada disposición final (Rodríguez, 2019). El hecho de que no se puedan reintegrar nuevamente los residuos a las actividades productivas, genera que se presenten grandes implicaciones ambientales, cómo el caso de los residuos orgánicos, que participan de manera importante en la emisión de gases de efecto invernadero cuando son dispuestos en los rellenos sanitarios (CONPES, 2016).

La clasificación de los residuos sólidos contenida en la Norma Técnica Colombiana GTC-24 (ICONTEC,2009), sugiere una distinción de los residuos, dependiendo la composición y capacidad para ser reincorporados a un proceso productivo. En cuanto a los residuos orgánicos biodegradables, podemos encontrarlos como una subcategoría de los residuos no peligrosos, y usualmente son residuos como restos de comida o las fracciones de los alimentos que no son comestibles, que sean de origen doméstico o aquellos derivados de las actividades industriales. De igual manera entran en esta categoría, aquellos residuos provenientes de las actividades de

jardinería como es el caso de las podas de césped y hojas, y aunque dentro de la Norma GTC-24 no se contempla, también se tienen en cuenta aquellos contenidos en el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS, incluyendo los residuos orgánicos provenientes de la industria agrícola (actividades pecuarias, plazas de mercado y agricultura), y de las Plantas de tratamiento de agua residual domiciliar (RAS, 2012).

Dentro del marco normativo en Colombia, la Resolución 0754 de 2014 (Minambiente y Minvivienda, 2014), establece 13 programas que se deben considerar para la implementación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, dentro de los cuales se encuentra el Programa de Aprovechamiento. Este programa a grandes rasgos debe considerar proyectos de educación y capacitación a los usuarios con el fin de promover una cultura ciudadana ambiental en lo que respecta a las buenas prácticas para el manejo adecuado de los residuos sólidos. Además, debe considerar estudios de factibilidad con el fin de determinar la viabilidad de los proyectos de aprovechamiento, así como su sostenibilidad en el tiempo para posteriormente implementar una estrategia que incorpore mínimamente un programa de separación en la fuente articulado con la implementación de rutas selectivas, además de establecer las áreas donde se van a localizar las estaciones de clasificación y las plantas de aprovechamiento.

Con el fin de fomentar la cultura ciudadana en materia de separación de residuos en el país, El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la Resolución 2184 (2019), en donde a partir del 1 de enero de 2021, se implementa la obligación a los municipios y distritos del territorio nacional, de adoptar el nuevo código de colores para la separación de los residuos en la fuente de la siguiente manera: color verde para depositar residuos orgánicos aprovechables, color blanco para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón, y color negro para depositar los residuos no aprovechables. No obstante, a pesar de que

se cuenta con un código de colores para la separación de los residuos, muchos municipios en Colombia carecen de un programa de aprovechamiento para los residuos orgánicos, lo cual imposibilita su aprovechamiento, puesto que, aun separándose de forma adecuada, estos se estarían disponiendo junto con los residuos no aprovechables en los rellenos sanitarios, sin la capacidad de reincorporarlos a un nuevo sistema productivo.

A nivel internacional la técnica del compostaje se ha visto cómo una alternativa efectiva, fácil de operar, y económica en mayor medida para gestionar los residuos orgánicos sólidos. En la actualidad se ha implementado altamente el uso de este tipo de residuos para la generación de compostaje en países desarrollados, cómo el caso de Alemania, Reino Unido y algunos otros países de Europa. Sin embargo, las técnicas, instalaciones y las formas en que se tratan los desechos orgánicos siguen siendo inadecuados en la mayoría de los países en desarrollo. Según Jaramillo y Zapata (2008) el compostaje es un proceso natural y de oxidación en donde intervienen múltiples microorganismos aerobios que requieren condiciones de humedad adecuadas y sustratos orgánicos heterogéneos, para que mediante un proceso de degradación generen una materia orgánica estable y libre de patógenos, que puede ser utilizada en la agricultura como un abono acondicionador de suelos, sin que cause fenómenos adversos.

En el ámbito nacional, algunas municipalidades en Colombia han optado por diferentes técnicas para gestionar los residuos aprovechables que son generados dentro de su jurisdicción, y de esta forma poder dar cumplimiento al programa de aprovechamiento que se contempla dentro de los requisitos necesarios para el desarrollo de los PGIRS municipales, siendo la técnica del compostaje uno de los modos de tratamiento más utilizados.

Un ejemplo a nivel nacional de localidades que han implementado el compostaje como alternativa para sus proyectos de aprovechamiento es el municipio de Suba el cual en abril de 2021,

inició una prueba piloto de una ruta de recolección para los residuos orgánicos aprovechables de mano de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos- UAESP, con participación de alrededor de 500 apartamentos de un conjunto residencial, en donde se recogieron cerca de 200 toneladas de residuos orgánicos que se trasladaron a una planta de transformación ubicada en la localidad de Usaqué, para la producción de abono orgánico (UAESP, 2021).

Otro ejemplo lo representa el municipio de Zipaquirá, en donde la gestión realizada por la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo – EAAAZ, ha concluido en la disposición de alrededor de 40 toneladas por mes para aprovechamiento en la planta de compostaje donde se procesan para obtener abonos orgánicos y fertilizantes para cultivos agrícolas, evitando que gran cantidad de residuos lleguen a los rellenos sanitarios de Nuevo Mondoñedo y Doña Juana (Rodríguez, 2019).

En Antioquia, específicamente en el municipio de la Ceja, Las Empresas Públicas de la Ceja (EEPP), prestan el servicio de recolección y transporte de los residuos orgánicos los cuales se aprovechan en una planta de compostaje, y el abono obtenido de la planta se entrega a la subsecretaría de desarrollo económico, quien la distribuye de forma gratuita entre los campesinos del sector para que lo usen en el mantenimiento de sus cultivos (EGC, 2016).

Actualmente la generación total de los residuos orgánicos en el municipio de Envigado es de aproximadamente 7123 toneladas por mes, de los cuales según la caracterización de residuos del municipio (Enviaseo, 2015), un 45% son generados en el sector residencial, un 30.5% en el sector institucional y un 49.3% en el comercial. En cuanto a los residuos orgánicos provenientes de corte de césped y poda de árboles, al mes se obtienen en promedio 52 toneladas que son recogidos y dispuestos por la Empresa Biociclo, que se ubica en el corregimiento de San Antonio de Prado en el municipio de Medellín.

Por otra parte y a pesar de los avances que han tenido otros municipios en materia de recolección selectiva de residuos orgánicos como se ha mencionado previamente, Envigado en la actualidad no cuenta con dicha ruta, especialmente para aquellos desechos provenientes de los hogares, el comercio y las instituciones. En vista de ello, en el año 2015 para el programa de aprovechamiento dentro del PGIRS se incluyó una prueba piloto denominada “ruta selectiva de residuos orgánicos y aprovechamiento por procesos de compost”, sin embargo, se han presentado inconvenientes que han impedido su adecuada ejecución y, en vista de ello, se han venido buscando otras alternativas con operadores privados debido a la carencia de un sitio para el aprovechamiento (Secretaría de Medio Ambiente, 2015). Por ello, durante el desarrollo de las prácticas del semestre de industria se replanteó nuevamente dicha prueba piloto y se buscó establecerla para el adecuado aprovechamiento de los residuos orgánicos.

4. Metodología

Para la realización del planteamiento de la prueba piloto de la ruta de orgánicos, inicialmente se dio a conocer la propuesta a gerencia y a la dirección de planeación de la empresa Enviaseo E.S.P. ya que es de gran interés que la formulación de la prueba tenga acompañamiento de la organización con fines de adquirir un mayor compromiso.

Posteriormente se realizó la limitación del área de estudio en donde se escogieron tres barrios del municipio de Envigado conocidos como: Jardines, San José y El Dorado. Esta limitación se planteó principalmente en base a la gran cantidad de establecimientos comerciales que se ubican en el sector (restaurantes, comidas rápidas, legumbrerías y supermercados), puesto que este tipo de establecimientos son los mayores generadores de residuos orgánicos según la

caracterización de residuos realizada en el año 2015 para el municipio de Envigado. En las figuras 1, 2 y 3 pueden observarse la ubicación para cada uno de los barrios en estudio.

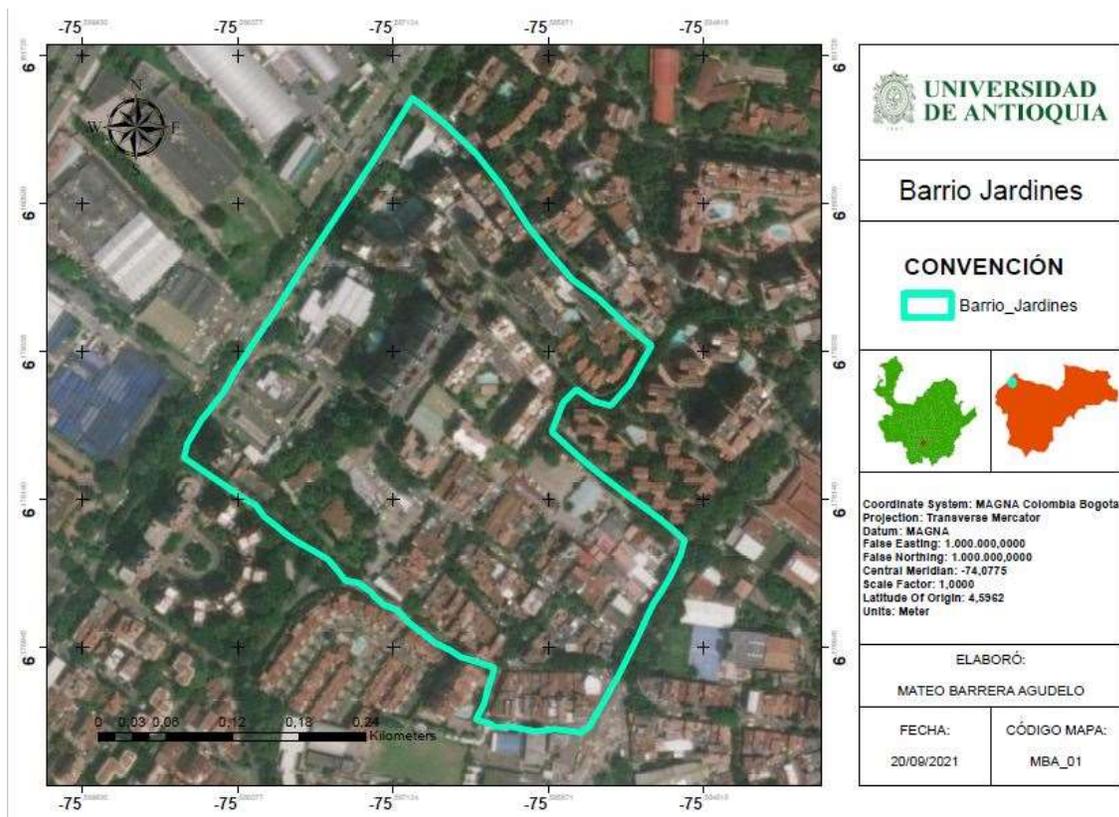


Figura 1 Mapa de ubicación del barrio Jardines

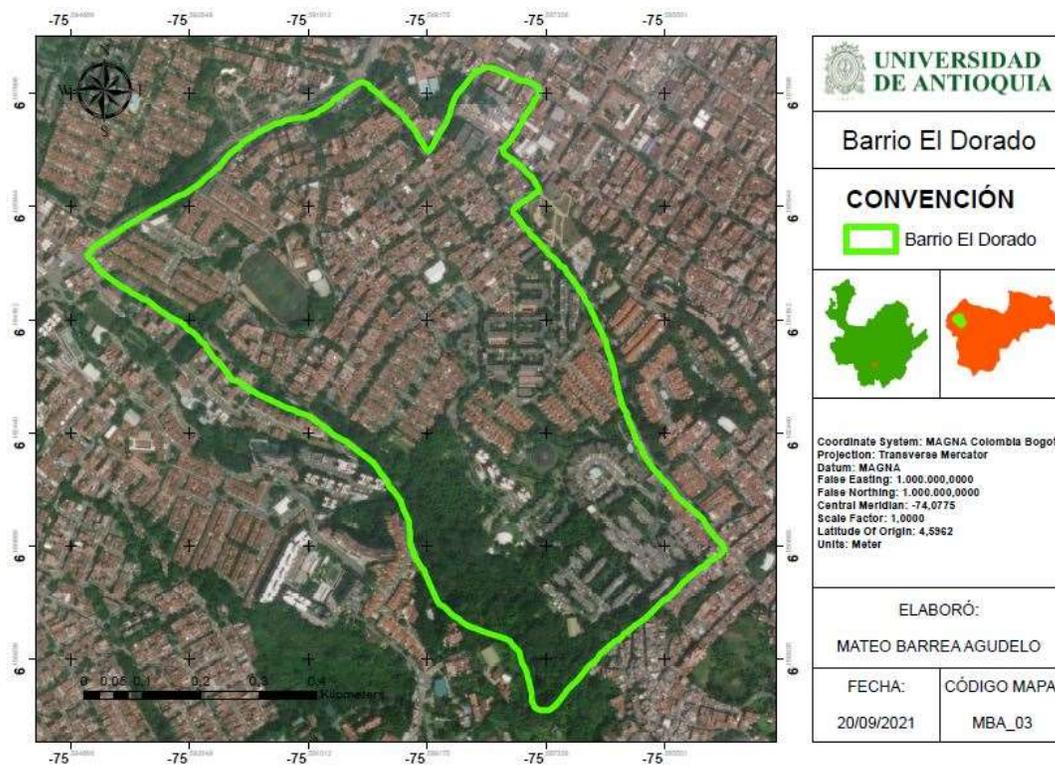


Figura 2 Mapa de ubicación del barrio El Dorado

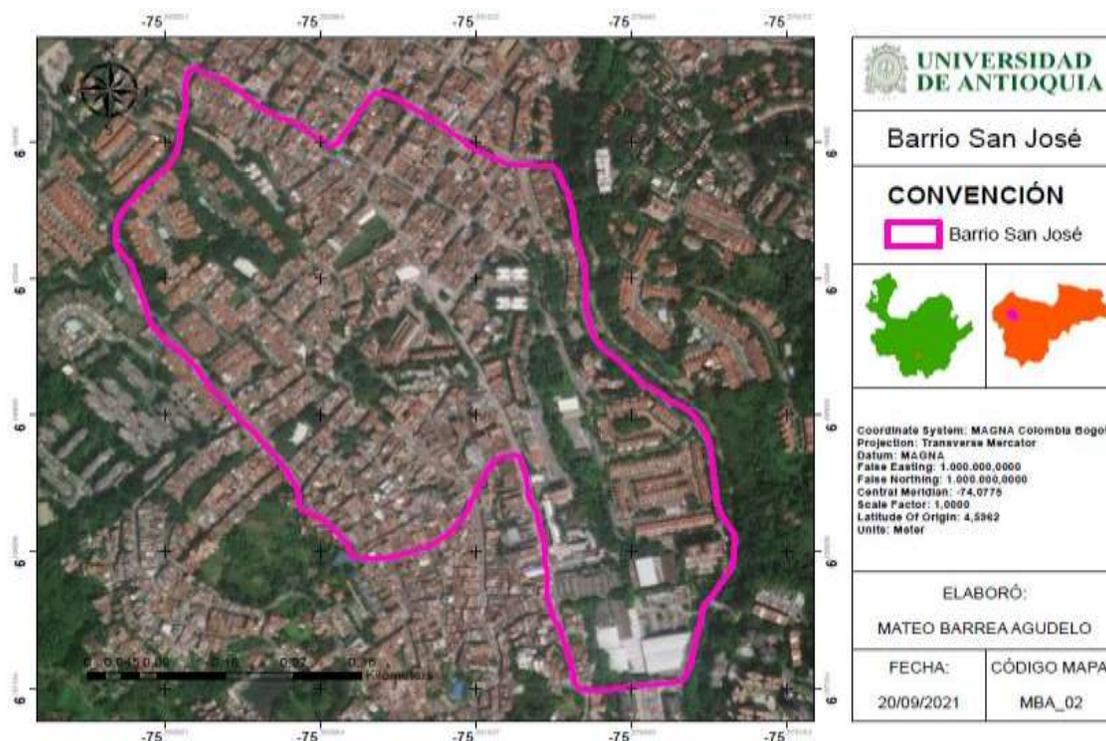


Figura 3 Mapa de ubicación del barrio San José

Para iniciar con el diseño de la prueba piloto, se implementó una encuesta que fue diseñada con la ayuda de la dirección del área comercial y de servicio al cliente, con el objetivo de poder efectuar un diagnóstico en la zona de estudio en cuanto a la disposición que se le están dando a los residuos orgánicos. Las encuestas estuvieron a cargo del personal de apoyo de formación a la comunidad con los que cuenta la empresa, los cuales realizaron un total de 82 encuestas que se llevaron a cabo tanto en el sector residencial como en el sector comercial de los barrios seleccionados. Cabe resaltar, que a pesar de que la prueba piloto no se va a llevar a cabo durante el desarrollo de estas prácticas del semestre de industria debido a sus altos costos asociados, las encuestas son un medio importante para evaluar que tan necesario se hace implementar una ruta de recolección para los residuos orgánicos en el municipio, lo que permite darle un aval a la efectividad de esta propuesta de ruta, además de proporcionar un registro base para la organización de futuros estudios o proyectos.

Una vez realizadas las encuestas, se procedió a precisar los costos asociados a las campañas de capacitación y sensibilización para la separación en la fuente, además de la socialización de la ruta selectiva (los cuales incluyen costos de personal, transporte y material informativo). Estos procesos de sensibilización serían realizados por los dinamizadores que pertenecen al programa “Yo sumo por mi barrio”, encargados de realizar los recorridos por los diferentes barrios del municipio de Envigado promoviendo las buenas prácticas ambientales y monitoreando las situaciones inadecuadas en la gestión ambiental y convivencia ciudadana.

El diseño de la ruta selectiva consistió en presupuestar con un tercero, en este caso con la empresa de consultoría Kontrolgrün SAS ubicada en el municipio de Envigado, la cual presentó

una propuesta de servicios, donde muestra cómo se llevaría a cabo el diseño, la optimización de la ruta y el costo asociado al desarrollo e implementación de la misma.

Adicionalmente se recibieron propuestas por parte de tres empresas privadas, interesadas en prestar el servicio de recolección, transporte y aprovechamiento de los residuos orgánicos en el municipio de Envigado, y que cuentan con plantas de compostaje para la generación de abono orgánico. Las propuestas básicamente especificaban la localización de la planta de aprovechamiento, la capacidad de producción, las tarifas, certificaciones y valores agregados. Luego de recibir las propuestas se efectuó un análisis comparativo entre las tres empresas, fundamentado en requisitos técnicos tales como: localización, accesibilidad, movilidad, distancia, características del sitio de aprovechamiento y permisos necesarios.

También se definieron los costos de un vehículo especial para la recolección de los residuos orgánicos en los tres barrios que comprenden la prueba piloto. Además, con la adquisición de este vehículo recolector se puede elegir la opción de que el transporte de los residuos orgánicos hacia las plantas de aprovechamiento no esté a cargo de un operador privado, sino de la empresa misma. En caso de elegirse esta alternativa, se disminuirían las tarifas propuestas por los operadores privados, pues estos se encargarían únicamente del proceso de aprovechamiento. Se requirió una cotización al concesionario AyuráMotor S.A. de un vehículo recolector especialmente acondicionado que cumpliera con la normativa contenida en el decreto 2981: furgonados, en aluminio y acero inoxidable debidamente rotulados (Minvivienda, 2013), y que, además, tuviera una capacidad máxima de 5 toneladas. Finalmente se definieron los costos de nómina del personal operativo del vehículo y la alternativa más óptima para la implementación de la ruta de recolección selectiva.

5. Resultados y Análisis

En los siguientes resultados se contempla toda la información recopilada en la descripción de la metodología:

5.1 Realización de encuestas:

Se realizaron labores de apoyo y acompañamiento para visitar los establecimientos ubicados en los barrios de la zona de estudio, que son generadores de residuos orgánicos. Como se observa en las figuras 4 y 5, el personal de formación a la comunidad de Enviaseo realizó encuestas a los comerciantes de los sectores.



Figuras 4 y 5 Personal de Enviaseo E.S.P. realizando encuestas a locales comerciales

En total se realizaron 82 encuestas, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 1.*Tipos de Residuos Generados en los Establecimientos Encuestados*

Tipo de Residuo Generado	N° Respuesta	%
Orgánico	75	91,5
Vidrio	18	22,0
Cartón	25	30,5
Papel	29	35,4
Plástico	31	37,8

Según la Tabla 1, se encontró que 75 de los 82 establecimientos encuestados son generadores de residuos orgánicos, independientemente de si son aprovechables o no, representando un 91,5 % del total de todos los locales. Además de los residuos orgánicos, pero en menor porcentaje, los establecimientos son generadores de residuos aprovechables tales como vidrio, cartón, papel y plástico, los cuales son entregados a la ruta de reciclaje. Cabe aclarar que 7 de los establecimientos que fueron encuestados no generaban residuos orgánicos, y en caso contrario, la cantidad era tan mínima que pudo considerarse como despreciable. Estos establecimientos los representaban principalmente pequeñas tiendas, papelerías y misceláneas.

Lo anterior puede dar una idea, independientemente de la cantidad generada por cada establecimiento, de que gran parte de los residuos generados principalmente del comercio de alimentos, están siendo desaprovechados al ser dispuestos en los rellenos sanitarios como residuos ordinarios.

Adicionalmente se presenta la tabla 2 en la que se relacionan los locales encuestados que realizan la separación de residuos orgánicos de los demás tipos de residuos.

Tabla 2.

Cantidad de locales encuestados que separan los residuos orgánicos de los inorgánicos

Separa	N° Respuesta	%
Si	57	70
No	25	30

Gran porcentaje de los establecimientos separan correctamente los residuos orgánicos de los demás tipos de residuos, por lo cual se espera que esta situación represente una ventaja, pues los residuos orgánicos no se encontrarían contaminados con otro tipo de material. Sin embargo, no es información suficiente para deducir que todo el material orgánico proveniente de los establecimientos que respondieron de manera afirmativa pueda ser aprovechado. Lo anterior se sustenta teniendo en cuenta que, de los 57 comerciantes que respondieron afirmativamente, muchos de ellos aún no tenían claridad sobre que tipos de residuos orgánicos podrían ser susceptibles de aprovechamiento y cuales no. Por ejemplo, en algunos casos se encontró que los comerciantes disponían alimentos procesados, y restos de comida que habían pasado por un proceso anterior de cocción (No susceptibles de aprovechamiento), junto a los residuos orgánicos que si pudiesen ser aprovechados en técnicas como el compostaje.

Dentro de la encuesta realizada, se preguntó a los 57 comerciantes si separan sus residuos orgánicos, el día de la semana en el cual sacaban estos para la recolección y la cantidad aproximada

que disponían. En esta instancia, a los comerciantes se les dificultó dar una cantidad aproximada en kilogramos, por lo que se les preguntó por la cantidad de bolsas o contenedores que sacaban. Teniendo en cuenta que las bolsas tienen una capacidad máxima de 10 kg y los contenedores de 50 kg, se pudo hacer una conversión y obtener un valor numérico estimado de la cantidad de residuos orgánicos que disponían los días que sacaban sus residuos. Con este valor se obtuvo un promedio de la cantidad de residuos orgánicos generados por parte de los establecimientos, dependiendo del día de la semana en que los sacaran, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Frecuencia con la que los establecimientos sacan sus residuos orgánicos y promedio de kilogramos por día

Días	Respuesta	Promedio Residuos Generados (kg)	%
Lunes	0	0	0
Martes	0	0	0
Miércoles	7	14,29	12,28
Jueves	1	10,00	1,75
Viernes	4	12,50	7,02
Sábado	28	58,57	49,12
Domingo	17	52,94	29,83

Se observa que ninguno de los 57 comerciantes respondió que sacaban este tipo de residuos los lunes y martes. La mayoría de los establecimientos, según las encuestas, sacan sus residuos los sábados y domingos, siendo además en promedio, los días en que se saca mayor cantidad. Lo anterior puede deberse a que muchos de los locales encuestados, correspondían a restaurantes,

bares y cafeterías, que presentaban altas ventas los fines de semana, y otros solamente abrían sus puertas al público desde el viernes.

Es importante hacer un seguimiento para verificar la información brindada por los locales, ya que los residuos orgánicos guardados por más de 7 días pueden llegar a presentar malos olores y ser una fuente de proliferación de vectores, por lo que se debe plantear una frecuencia de recolección para este tipo de residuos de al menos 2 veces por semana.

5.2 Costos de sensibilización y capacitación:

En caso de que se realice la prueba piloto, el grupo de dinamizadores del programa “Yo sumo por mi barrio” se encargarían no solamente de socializar la ruta selectiva con todos los habitantes de los tres barrios en estudio, sino también de promover las buenas prácticas para la separación de los residuos orgánicos en la fuente.

Figura 6

Fotografía de los dinamizadores ambientales del programa “Yo sumo por mi barrio”



Nota. Adaptada de *equipo Yo sumo por mi barrio* [Fotografía]. Por Enviaseo E.S.P, 2020, Envigado te informa (<https://www.envigadoteinforma.gov.co/enviaseo-aporta-a-la-sostenibilidad-ambiental-de-envigado-con-el-programa-yo-sumo-por-mi-barrio/>).

A continuación en la tabla 4 se muestran los costos por mes de socialización y capacitación de ruta selectiva de residuos orgánicos

Tabla 4.

Costos por mes de socialización y capacitación de ruta selectiva orgánica

Concepto	Requerido	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Dinamizadores	12	32 días	76.000	29.184.000
Coordinador	1	32 días	160.988	160.988
Elementos de protección personal	13	32 días	555	231.019
Costo de Guías- manejo de residuos	8950 ^a	8950 guías	1.000	8.950.000
Costos resma carta	1	500 hojas	23	11.270
Costos impresiones	500	500 impresión	19	9440
Alquiler de bafle para perifoneo	1	32 días	50.000	1.600.000
Costos camioneta ODT750	1	88 horas	13.725	1.207.832
Costos conductor ODT750	1	88 horas	21.307	1.875.006
Subtotal bruto				43.229.555
Gasto administrativo				8.329.492
Total, costos operativos				51.559.047
Total, costos de socialización por mes antes de IVA				51.559.047
Subtotal			\$	51.559.047
IVA 19%			\$	9.796.218,87

Total proyecto	\$	61.355.265,53
-----------------------	----	---------------

^aSe toma el valor de 8950 porque es la cantidad de unidades de vivienda que hay en los tres barrios que se seleccionaron para la prueba piloto.

El cálculo de los costos fue realizado teniendo en cuenta la necesidad del servicio de socialización y capacitación de la ruta selectiva orgánica, con información suministrada por el Área de Planeación, la cual se analizó de la siguiente manera:

En primer lugar, se parte del hecho de que 1 dinamizador es capaz de sensibilizar 24 personas al día, por lo que 12 dinamizadores son capaces de sensibilizar 288 personas por día, es decir, que para poder sensibilizar 8950 viviendas se requiere de un total de 32 días.

Según lo anterior, se realizó un análisis donde se sensibilizaría 8950 viviendas con una cantidad de 12 dinamizadores y 1 coordinador. Se tuvo en cuenta además el costo del transporte para el desplazamiento del personal a los puntos de encuentro, el costo del material informativo como lo son las resmas con sus respectivas impresiones para certificar la asistencia, y los volantes informativos (imanes). Adicionalmente con ayuda del área financiera se contempló el gasto administrativo acumulado a Julio de 2021 y se sugiere una utilidad del 0% según procedimiento de determinación de costos. Finalmente se calcula el IVA para el servicio del 19%.

5.3 Propuesta para el diseño de la ruta de recolección:

Para el proceso de creación de la ruta selectiva, se recibió una propuesta por parte de la consultora Kontrolgrün, la cual cuenta con un grupo de trabajo especializado para el diseño y optimización de rutas selectivas de residuos sólidos. El diseño planteado por la consultora no es solamente para los barrios San José, El Dorado y Jardines, sino para todo el municipio de Envigado (Kontrolgrün, comunicación personal, 2021). La propuesta de servicios contiene los siguiente:

5.3.1 Recopilación de Información Clave para el Estudio.

Se trata de recopilar en campo toda la información específica en fuentes oficiales locales, y con las áreas responsables de los servicios de aseo público en el municipio. Lo anterior incluye: el diagnóstico detallado del sistema de recolección actual en el municipio, incluyendo un estudio de tiempos y movimientos, planos de rutas actuales (Autocad, SIG), tipos de camiones utilizados y sus características, frecuencia de atención de rutas y cantidad de residuos recolectados por camión, horarios de rutas de recolección, y por último, todos los costos asociados al personal operativo de los vehículos recolectores y su mantenimiento.

5.3.2 Descripción detallada del Medio Físico y Socioeconómico

Con la información recopilada y las visitas de campo se documenta la localización física y las características geográficas de la zona de estudio, como: topografía, pendientes, calles, avenidas y los principales límites políticos al interior del municipio tales como zonas, sectores, zonas industriales, entre otras, así como los factores socioeconómicos vinculados a estas áreas, como población, estratos, principales actividades económicas, etc.

5.3.3 Descripción detallada de operaciones

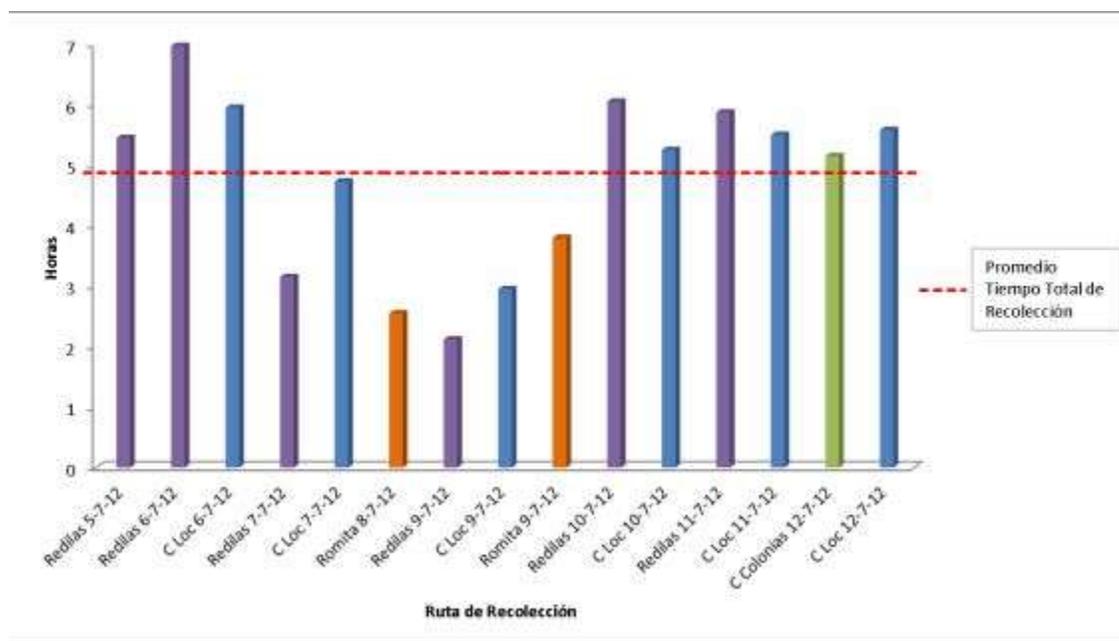
Posteriormente se hizo una descripción detallada de la forma en que se organiza y opera el servicio de recolección, definiendo horas de trabajo, personal empleado, equipo e infraestructura.

5.3.4 Indicadores de eficiencia

Con la información obtenida, se espera que se pueda realizar un análisis detallado de la eficiencia, cobertura y costo de cada uno de los camiones de recolección y sus rutas atendidas, que revelará a través de indicadores dichos parámetros que se presentarán para cada uno, como son su eficiencia en toneladas recolectadas por trabajador por jornada, la cobertura en población o zona atendida, y el costo unitario por tonelada recolectada (\$/ton recolectada).

Con esta información se generan informes e indicadores periódicos que podrán comparar la eficiencia, costo y cobertura de cada camión recolector y sus rutas asociadas, y distinguir a priori las causas por las cuales hay rutas con mayor productividad (eficiencia). Los indicadores y tiempos de recolección pueden observarse en los ejemplos que se presentan en las figuras 7 y 8, que corresponden a un estudio realizado por parte de la consultora en una municipalidad de México.

Figura 7 Ejemplo de Tiempos de recolección para una ruta de recolección en una municipalidad de México



Nota. Adaptada de *Tiempos de recolección por ruta* [Figura]. Por Kontrolgrün, comunicación personal, 2021, propuesta de servicios para Enviaseo E.S.P. (Presentación: Diseño y optimización de rutas selectivas de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Envigado, Colombia)

Figura 8 Ejemplo de indicadores de rutas de recolección para una ruta de recolección en una municipalidad de México



Nota. Adaptada de *Indicadores de rutas de recolección* [Figura]. Por Kontrolgrün, comunicación personal, 2021, propuesta de servicios para Enviaseo E.S.P.(Presentación: Diseño y optimización de rutas selectivas de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Envigado, Colombia)

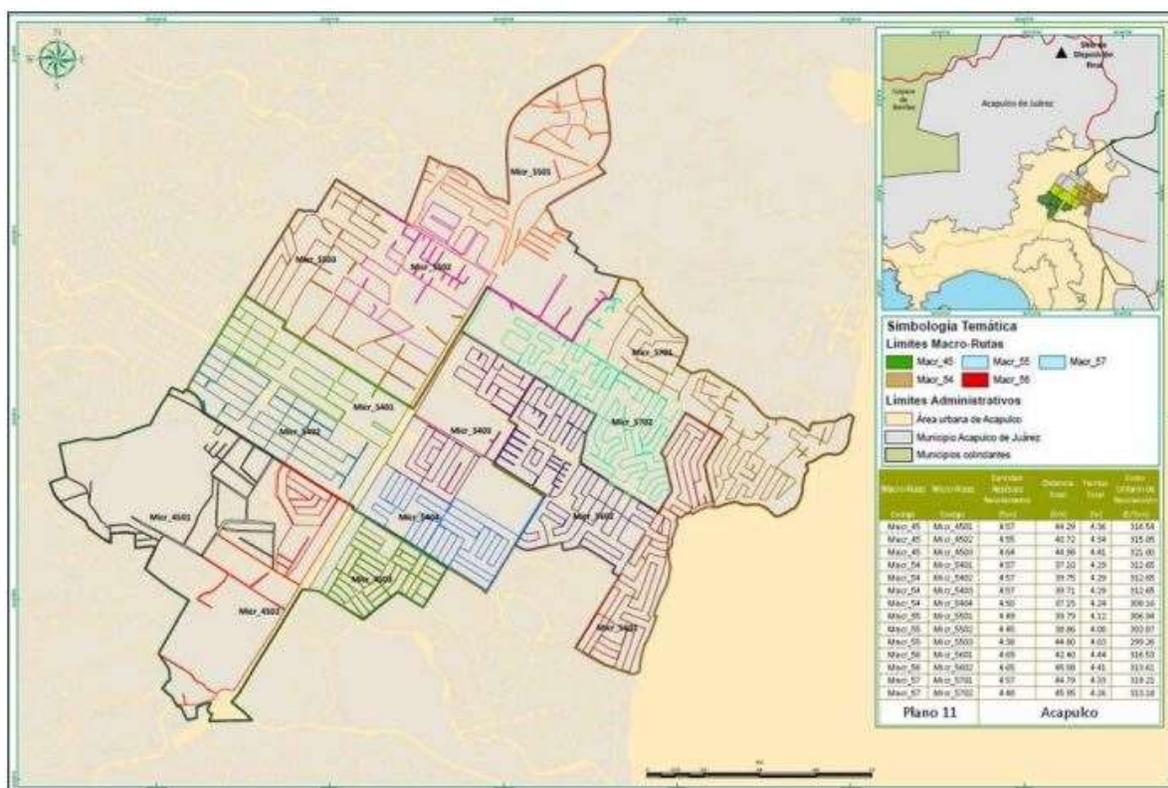
5.3.5 Diseño de rutas de recolección selectiva de residuos orgánicos

De acuerdo con los datos arrojados en las actividades anteriores, se proponen las mejoras necesarias para incrementar tanto la calidad como la cobertura del servicio y reducir los costos operativos en el diseño de rutas selectivas de orgánicos en las distintas zonas del municipio. Posteriormente, el diseño de rutas de recolección se realizó en dos fases, en la primera se determinaron las macrorutas y seguidamente se realizó el microruteo correspondiente.

Para ello, se integró un plano llave que muestre en forma general las rutas de recolección selectiva obtenidas. Cada ruta cuenta con un plano con un cuadro informativo que indique la clave de la ruta, tipo de recolección, cantidad y tipo de residuos por recolectar, distancias de recorridos,

tiempo de ruta y costo unitario. Un ejemplo de esto se puede observar en la figura 9. Adicionalmente se realizará la digitalización de las rutas selectivas en formato kmz y/o kml para que puedan instalarse en un ordenador a través de Google Earth.

Figura 9 Ejemplo de plano de ruta de recolección selectiva



Nota. Adaptada de *Plano de Rutas de Recolección* [Figura]. Por Kontrolgrün, comunicación personal, 2021, propuesta de servicios para Enviaseo E.S.P.(Presentación: Diseño y optimización de rutas selectivas de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Envigado, Colombia)

El costo total del estudio con sus respectivos entregables tiene un valor total incluido el IVA de \$180.000.000.

5.4. Propuestas de servicio para el aprovechamiento de los residuos orgánicos

Se recibieron diferentes propuestas y tarifas, de empresas que cuentan con plantas de tratamiento certificadas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. En el proceso de preselección se escogieron tres propuestas para posible contratación de servicios, provenientes de las empresas Ecociclo, Gestión y Desarrollo Ambiental (GDA), y Sin Escombros (SINESCO). La evaluación para la preselección se realizó teniendo en cuenta los siguientes requerimientos técnicos:

- Los procesos de aprovechamiento deben estar localizados en un lugar que no genere conflictos con comunidades o zonas de importancia ambiental, lo cual debe estar soportado con el certificado de usos del suelo y concepto de la autoridad ambiental competente. Además, debe contar con vías de fácil acceso y condiciones de infraestructura adecuadas para los vehículos utilizados en la recolección y transporte de los residuos. Se propende por vías pavimentadas y con condiciones técnicas que permitan el tránsito seguro de los vehículos y minimicen riesgos de accidentalidad. Es ideal también, que el sitio de aprovechamiento se encuentre ubicado a una distancia menor que los sitios de disposición final autorizados, en este caso, el relleno sanitario La Pradera, ubicado en el municipio de Donmatías.
- El sitio de aprovechamiento deber contar con las licencias, permisos o autorizaciones necesarias para la operación del proceso, dando cumplimiento a las normas ambientales vigentes. Permisos mínimos que se deberán acreditar: Concesión de aguas, permiso de vertimientos.
- Debe acreditar la capacidad para recibir, procesar y aprovechar la totalidad de los residuos sólidos orgánicos. La cantidad promedio de residuos a procesar es de 530 Toneladas/mes.

- Se puede utilizar cualquier tecnología de tratamiento o aprovechamiento de residuos orgánicos permitida por la normativa colombiana, que sea técnicamente viable y sostenible financieramente.
- Debe estar completamente cubierta. Se estima que, para el volumen de materiales a procesar, se deberá contar con un área cubierta mínima de 1.600 m²; lo anterior dependerá de la tecnología implementada, en caso de ser menor, debe argumentarse técnicamente.
- Con el objetivo de garantizar la sostenibilidad financiera del proceso y que no se verá afectada la continuidad del servicio, se debe garantizar la comercialización de los materiales procesados.

Se realizó además un comparativo entre tarifas de aprovechamiento y características de los sitios, incluyendo certificaciones y valores agregados, los cuales se resumen en la tabla 5.

Tabla 5.

Comparativo de características, certificados, valores agregados y tarifas de las empresas seleccionadas

Concepto	Ecociclo	GDA	SINESCO
Asesoría y capacitación en tratamiento de residuos orgánicos	✓	✓	✓
Certificación de aprovechamiento	✓	✓	✓
Suministro de contenedores y bolsas oxidegradables	✓	✓	

Recolección y transporte de los residuos orgánicos	✓	✓	
Certificado de huella de carbono	✓	✓	✓
Tarifa por tonelada aprovechada *	\$200.000	\$136.200	\$90.000

* Se incluye el servicio de recolección y transporte de los residuos orgánicos, excepto para la empresa SINESCO, pues esta sólo presta el servicio de aprovechamiento.

La propuesta ofrecida por la empresa Gestión y Desarrollo Sostenible GDA, se presenta como la más opcionada teniendo en cuenta el análisis comparativo, tanto por el cumplimiento de los requisitos técnicos de la planta de tratamiento, como por sus certificaciones y valores agregados. Además, el valor de la tarifa que incluye la recolección y transporte es relativamente baja con respecto a las tarifas propuestas por las demás empresas. También se realizó una búsqueda en fuentes oficiales de la entidad y se encontró que cuentan con registro de productor y comercializador del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), lo que respalda la calidad de sus procesos y productos, ya que son utilizados en distintas empresas exportadoras que tienen certificaciones las cuales exigen altos estándares de calidad y cumplimiento (GDA, 2021).

5.5 Costos de adquisición y operación del vehículo recolector

En la tabla 6 se observa la cotización hecha por parte del concesionario AyuráMotor S.A. para la adquisición un vehículo tipo furgón con capacidad superior a 5 toneladas (Figura 10), que preste el servicio de recolección en la implementación de la prueba piloto.

Tabla 6.

Precio correspondiente a la adquisición del vehículo recolector

Concepto	Precio IVA incluido
Chasis NQR modelo 2022	\$ 159.680.000
Carrocería	\$20.000.000
Plataforma hidráulica plegable de 1 TON	\$17.200.000
Gastos de matrícula aproximados	\$1.400.000
Total^a	\$ 198.280.000

^a El precio total no incluye precio de mantenimiento, ni de los contenedores y bolsas oxodegradables

Fuente (AyuráMotors, comunicación personal, 2021)

Figura 10 *Camión Chevrolet chasis NQR modelo 2022 Euro IV ABS*



Nota. Adaptada de *Cotización de camión tipo furgonado* [Figura]. Por AyuráMotors S.A, comunicación personal, 2021

Finalmente, en la Tabla 7 se definieron los costos operativos relacionados con la contratación del personal operativo del camión recolector, incluyendo conductor, operario y supervisor. Se plantean los costos para un periodo de 15 días, correspondiente al tiempo necesario para el desarrollo de la prueba piloto

Tabla 7

Costos de operación del vehículo recolector para la prueba piloto de ruta de recolección de residuos orgánicos

Concepto	Conductor		Operario		Supervisor	
Salarios	\$	1.207.462,33	\$	1.035.657,86	\$	2.245.224,21
Prima de Servicios	\$	51.778,33	\$	44.411,02	\$	96.279,58
Vacaciones	\$	79.105,79	\$	67.850,17	\$	113.663,39
Prima de Vacaciones	\$	53.935,76	\$	46.261,48	\$	100.291,23
Prima de Navidad	\$	112.366,17	\$	96.378,09	\$	208.940,06
Bonificación Por Servicio	\$	35.217,65	\$	30.206,69	\$	65.485,71
Bonificación por Recreación	\$	6.708,12	\$	5.753,65	\$	12.473,47
Beneficio por Recreación y Cultura	\$	83.851,55	\$	71.920,68	\$	155.918,35
Aportes a EPS	\$	138.586,19	\$	118.867,37	\$	254.853,46
Aportes a EFP	\$	195.651,08	\$	167.812,76	\$	359.793,12
Aportes ARL	\$	8.478,21	\$	7.271,89	\$	15.591,04
Cajas de Compensación	\$	65.217,03	\$	55.937,59	\$	119.931,04
Cesantías	\$	121.730,02	\$	104.409,60	\$	226.351,73
Intereses / cesantías	\$	14.607,60	\$	12.529,15	\$	27.162,21
Total 15 días x conductor	\$	2.174.695,84	\$	1.865.268,01	\$	4.001.958,58

6. Conclusiones

La alta proporción en la generación de residuos orgánicos provenientes principalmente del sector residencial, comercial e industrial en los grandes centros urbanos representa un impacto ambiental en cuanto a su gestión, lo cual ha generado la necesidad de crear estrategias para su aprovechamiento. En la mayoría de los países de América Latina incluyendo Colombia, la disposición final de los residuos orgánicos en los rellenos sanitarios se ha convertido en la principal alternativa para la gestión de este tipo de residuos, sin embargo, en varias ciudades se han implementado rutas selectivas de recolección para que posteriormente en plantas de aprovechamiento con técnicas como la del compostaje se pueda obtener un abono libre de patógenos, ayudando a incorporar nuevamente el material orgánico a la cadena productiva y contribuyendo a la economía circular.

A pesar de que en el municipio de Envigado más de la mitad de los residuos generados son de carácter orgánico según lo mencionado anteriormente en este informe, no se cuenta con una ruta selectiva para su aprovechamiento. Dentro de los resultados expuestos se puede observar que una de las barreras para la implementación de dicha ruta, son los altos costos asociados al proyecto, teniendo en cuenta que, el municipio no cuenta con una Estación de Clasificación y Aprovechamiento (ECA) propia donde pueda implementar técnicas como el compostaje para la gestión de los residuos orgánicos. Lo anterior obliga en caso de desarrollar la propuesta, a contratar con operadores privados que prestan el servicio a costos muy elevados. Otra complicación y no menos importante, es la falta de cultura de la comunidad en cuanto a las buenas practicas de separación en la fuente, lo que dificulta que la cantidad y la calidad de los residuos orgánicos entregados para el aprovechamiento, sean suficientes para la autosostenibilidad del proyecto.

Es muy importante tener en cuenta que, por normativa, todas las personas del territorio nacional sin exclusión alguna tienen la obligación de separar en la fuente sus residuos y de presentarlos de manera correcta ante las empresas prestadoras del servicio público de aseo. No obstante, una de las quejas habituales en las labores de campo realizadas durante estas prácticas académicas, se basa en el hecho de que, aun haciéndose la correcta separación de los residuos orgánicos, a estos se les está dando la misma disposición final que a los residuos ordinarios. Es por esto que se hace necesario aunar esfuerzos entre las municipalidades y las empresas prestadoras del servicio público de aseo, para crear alternativas de aprovechamiento de los residuos orgánicos, y de esta manera, ayudar a aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y disminuir las problemáticas ambientales causadas por su mala gestión.

7. Referencias bibliográficas

- AMVA., CORANTIOQUIA. (2000). Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de La Plaza Minorista José María Villa del municipio de Medellín. Centro de Información Ambiental. GA_CN_1904_1999.pdf (corantioquia.gov.co)
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. (2016). Documento CONPES 3874, Política Nacional Para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- EGC CONSULTORES Y ASESORES S.A.S. (2016). Línea Base – Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Municipio de La Ceja. Plan de Gestión de residuos sólidos de 2016.pdf (laceja-antioquia.gov.co)
- ENVIASEO E.S.P. (2015). Estudios de caracterización de residuos sólidos generados en el sector residencial y no residencial del Municipio de Envigado. Informe Final
- ENVIASEO E.S.P. (2020). Equipo Yo sumo por mi barrio [Fotografía]. Envigado te informa. <https://www.envigadoteinforma.gov.co/enviaseo-aporta-a-la-sostenibilidad-ambiental-de-envigado-con-el-programa-yo-sumo-por-mi-barrio/>
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. (2016). Municipal waste management across European countries. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2800/475915>

ICONTEC. (2009). Residuos Sólidos – Guía para la separación en la fuente (Norma Técnica Colombiana GTC 24). Microsoft Word - GTC24.doc (bogotaturismo.gov.co)

Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia [Tesis de especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia: Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (udea.edu.co)

Manzi Tarapués, V., Rendón Muñoz, L. I., Herrera Rodas, M., Gandini Ayerbe, M. A., & Marmolejo Rebellón, L. F. (2020). Estado de valorización de biorresiduos de origen residencial en grandes centros urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 755-774. <https://doi.org/10.20937/rica.53341>

Resolución 0754 de 2014 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos. 25 de noviembre de 2014

Resolución 2184 de 2019 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. 26 de diciembre de 2019

Rodríguez Gutiérrez, L. (2019). La generación de residuos orgánicos en Cundinamarca y sus mecanismos de aprovechamiento en la generación de energías limpias. Universidad Cooperativa de Colombia (Facultad de Ingeniería). https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17416/1/2019-residuos_mecanismos_aprovechamiento.pdf

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO AGROPECUARIO. (2016). Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos-PGIRS del Municipio de Envigado 2015-2016. *Revision_Ajuste_PGIRS_2016.pdf* (envigado.gov.co)

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS. (2021). Nueva ruta de recolección de residuos orgánicos en Suba. <https://www.uaesp.gov.co/noticias/nueva-ruta-recoleccion-residuos-organicos-suba>