

1. TÍTULO

Diseño de las rutas para la recolección de residuos sólidos aprovechables en la población rural de Sylvania-Cundinamarca

2. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos constituyen aquellos materiales que son desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo. (Rivas, 2018). Ahora bien, los residuos sólidos aprovechables son cualquier material, objeto o elemento sólido que no tiene un valor de uso para él que lo genera, pero que es susceptible a ser aprovechado para ser reincorporado a un proceso productivo (Rivas, 2018)

El manejo de los residuos sólidos es un problema común en la mayoría de las ciudades del país, debido a factores como el crecimiento demográfico, la cantidad de residuos que genera la población cada vez es mayor, por deficiencia en educación, participación ciudadana y bajo interés gubernamental (Obregon & Gomez, 2016).

Según el Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio de Sylvania en Cundinamarca la prestación del servicio de aseo y recolección de residuos tiene una cobertura del servicio del 17,2% cubriendo solo tres veredas del municipio, como son: Subia, Agua Bonita y Panamá. Las principales actividades productivas del sector rural son la agricultura, artesanía y ganadería. (Ruiz, 2016).

En la zona rural del municipio de Sylvania en cuanto al manejo y recolección de residuos sólidos no cuenta con rutas de recolección, una de las razones es debido a la dispersión poblacional que

no facilita el proceso de aprovechamiento por parte del municipio, las grandes distancias han generado estos inconvenientes de recolección (Ruiz, 2016).

Igualmente, la ausencia de una ruta de recolección de residuos sólidos aprovechables para el sector rural genera la mala disposición de estos en botaderos improvisados o en las corrientes hídricas generando un evidente deterioro ambiental, por esta razón se ha elevado el interés del municipio en generar las rutas de recolección de este tipo de residuos, como parte de la actividad de aprovechamiento.

Con la información anterior y para el posterior desarrollo de la ruta de recolección se tomó como base la zonificación obtenida por cada una de las encuestas realizadas de las cuales permitieron determinar los puntos de acopio que a partir de estos se establecieron heurísticamente las rutas de recolección de los residuos sólidos aprovechables de la zona veredal a partir de la herramienta Network Analyst. Teniendo en cuenta que el trabajo de campo permitió la ubicación de cada uno de los puntos de acopio que se plasmaron en el sistema de información geográfica (SIG) en este caso el sistema utilizado es ArcGIS.

Esto permitirá finalmente, que esta ruta pueda integrarse a la ruta de recolección principal de residuos del municipio dando cumplimiento a los objetivos de integración de las zonas veredales en el PGIRS del municipio de Sylvania, Cundinamarca, que como aporte al proceso de mejora del sistema de gestión que actualmente busca trayendo beneficios para el medio ambiente y generando la participación ciudadana de zonas que normalmente no son tenidas en cuenta en los temas de recolección. El diseño y posterior desarrollo de la ruta de recolección de los residuos aprovechables permitirá que el municipio de Sylvania, Cundinamarca incluya la actividad de aprovechamiento en el PGIRS del municipio, tal y como lo establece la normativa.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las diferentes problemáticas de carácter ambiental generadas por el incremento de la generación de residuos sólidos y su aprovechamiento a partir de la falta de educación y ausencia de recolección de los residuos (Obregon & Gomez, 2016)

Así mismo, como menciona de la directora de Greenpeace Colombia “cada colombiano consume en promedio 24 kilos de plástico al año y solo aprovecha un 5% de estos residuos”, donde uno de los principales inconvenientes es no contar con servicios dedicados a la recolección de estos residuos. (Gómez, 2018).

El municipio de Sylvania no cuenta con rutas de recolección de residuos en las zonas rurales, esto conlleva a acopios de residuos en lugares no apropiados y a las quemadas de estos en los lugares de residencia. Según el PGIRS del municipio, solo hay recolección de basuras en el casco urbano y en las zonas veredales adyacentes a la vía panamericana (consorcio PGIRS Cundinamarca, 2016). Por lo anterior, en el presente proyecto se busca mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG) diseñar las rutas de recolección de residuos aprovechables para la zona rural del municipio que permita contribuir en el proceso de actualización del PGIRS, la reducción de la inadecuada disposición de los residuos sólidos, el manejo y control de estos.

Finalmente, con el presente proyecto se busca dar respuesta a la pregunta: ¿De qué manera el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables aporta al PGIRS del municipio de Sylvania-Cundinamarca?

4. OBJETIVOS

Objetivos General

Diseñar las rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables con los diferentes puntos de acopio en la zona rural del municipio de Sylvania, Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Georreferenciar los puntos de acopio en la zona rural del municipio de Sylvania con ayuda de la aplicación Avenza Maps
- Recolectar información con los usuarios del área de influencia en la zona rural del municipio de Sylvania, con encuestas virtuales realizadas en Google Docs
- Identificar las rutas de recolección de los residuos sólidos aprovechables a partir de los puntos de acopio del municipio de Sylvania con el uso de sistemas de información geográfica SIG

5. MARCO NORMATIVO

Para dar sustento y llevar a feliz término este proyecto, se tendrá en cuenta la siguiente legislación:

- **Decreto 1898 de 2016:** en este decreto se incluye la zona rural para hacer parte del servicio público de aseo y con el proyecto incluimos la propuesta de las rutas de residuos sólidos aprovechables en la zona rural del municipio de Sylvania dando cumplimiento al presente decreto. (Ministerio de vivienda ciudad y territorio, 2016)

- **Resolución 754 de 2014:** en esta se establecen los criterios, pasos para la formulación del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) donde está inmerso las actividades para lograr las metas y es donde entra nuestro proyecto para apoyar con el diseño de las rutas de residuos aprovechables como unas de las actividades. (Ministerio de vivienda ciudad y territorio, 2014)
- **Resolución 288 de 2015:** En esta resolución a grandes rasgos da los lineamientos de prestación del servicio público de aseo y en uno de sus anexos está el seguimiento, control y tiempo de cumplimiento de las actividades planteadas esta de la mano con la resolución anterior donde entra nuestro proyecto en el ítem de aprovechamiento ya que se apoya con dicha actividad. (Ministerio de vivienda ciudad y territorio, 2015)

Resolución 844 de 2018: en esta resolución se modifica la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico CRA 825 de 2017

- **Resolución 0330 de 2017:** por la cual se establece el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. En este reglamento se presenta la guía para el planteamiento de las rutas y algunas disposiciones del aprovechamiento de residuos.
- **Decreto 1077 de 2015** decreto único reglamentario del servicio de aseo.
- **Decreto 596 de 2016** respecto al esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio de aseo y la formalización de los recicladores de oficio.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Georreferenciación de posibles puntos de acopio

Para la georreferenciación de los puntos de interés se usó la aplicación Avenza Maps, en puntos estratégicos observados en campo a lo largo de las vías principales que abarcan las veredas.

Con la georreferenciación de los puntos se hará un multiring buffer de 500 mts para obtener el área de influencia de los puntos para la realización de las encuestas.

6.2. Recolectar información con los usuarios

Para recolectar información se realizarán encuestas de manera virtual por medio de la herramienta Google docs, se compartirá a la comunidad rural incluida en el área de influencia y se recopilarán los datos de manera inmediata esto se lograra con el apoyo del viverista, el guarda bosques y la coordinadora del sistema de gestión ambiental del municipio ya que ellos conocen mejor el territorio, que compartirán la encuesta a presidentes de juntas de acción comunal y a la misma comunidad por medio de redes sociales como (whatsapp y correo electrónico) con un link que es generado por la misma herramienta . Alguna de la información a recopilar es el tipo de residuos y la cantidad generada de estos. Además, se presenta el cálculo del número de encuestas a realizar. La encuesta se muestra en el documento de anexos denominado como Anexo 2 documento encuesta.

Para garantizar la recolección de información se contará con dos estrategias:

- la encuesta se repartirá a personas que cuenten con teléfono inteligente y conexión a internet sea wifi en su hogar o datos móviles como mínimo.
- Como segunda estrategia es repartir la encuesta a las personas que cuenten con teléfono inteligentes y se acerquen a las escuelas de la zona rural ya que en el municipio todas cuentan con conexión gratuita a internet

6.2.1. Determinación de la población y muestra

Por medio de Excel se recopilarán y presentarán los datos obtenidos en las encuestas, dejando el respectivo espacio para las coordenadas de los puntos de acopio. También se mostrarán a continuación los respectivos cálculos para la población viviendas y cantidad de encuestas.

DATOS INICIALES		
K	1,96	distribución normal
N	443	muestra
P	0,5	éxito (50%)
Q	0,5	fracaso (50%)
e	0,0271828	euler

Tabla 1. Datos iniciales (fuente propia)

$$n = \frac{k^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + K^2 * p * q} \text{ (Ecuacion 1)}$$

relación población rural - área				
censo	población	área municipio km2	área zona de influencia km2	población vereda
2018	15298	162,574528	15,451069	1454

Tabla 2. población rural, área municipio, área influencia y población final (IGAC, SHP, municipios Colombia)

relación casas rurales - población veredal				
censo	viviendas	área municipio km2	área zona de influencia km2	viviendas vereda

2018

4663

162,574528

15,451069

443

Tabla 3. viviendas rurales, área municipio, área de influencia y viviendas de interés fuente (censo DANE 2018)

Para la realización de las encuestas se tuvo en cuenta el censo del DANE del año 2018, población rural, viviendas área rural, área en km² del municipio y área de influencia en km². Con la relación entre el área calculada de la zona de influencia el área del municipio y la cantidad de viviendas rurales se determinó que hay 443 viviendas en el área de influencia de los puntos de acopio.

6.2.2. Cálculo de cantidad de encuestas

para obtener el número de encuestas se usó la ecuación de tamaño de muestra para nuestra área de interés dando un total de 331 encuestas. cabe aclarar que se usaron las viviendas como muestra de población.

6.2.3. Datos obtenidos en la encuesta

En este punto se presentan los datos generales de la encuesta realizada con la herramienta Google docs., enviada vía correo y WhatsApp a las personas que nos colaboraron a repartir la encuesta. Por la dificultad de movilidad conexión y manejo de la tecnología en el área rural se optó por realizar la encuesta sin preguntar nombre ni identificación estopara hacerla más sencilla y fácil de contestar. Para la encuesta se toma la relación área viviendas para así reducir la cantidad de encuestas debido a la limitante de movilidad por la pandemia dando así **331 encuestas** en total

Los datos de las encuestas por veredas se presentarán en los documentos de soporte para este proyecto, Anexo 1. Documento de Excel, cálculos, respuesta de encuestas.

6.3. Puntos de acopio y Ruta de recolección

6.3.1. Puntos de acopio

En primera medida se identifica la ubicación de los puntos de recolección a partir de la georreferenciación antes realizada pero ahora en ArcMap y el posible trazado de la ruta de recolección a partir de las rutas del municipio.

6.3.2. Rutas de recolección

En primera medida se descarta el uso de un modelo digital de elevación (DEM) del municipio debido a lo plano que es el terreno en donde se encuentra la ruta principal de recolección. La Vía Panamericana es la principal ruta de acceso a la mayoría de las veredas, pero como se menciona esta ruta en su mayoría es plana, lo cual no es conveniente para el método de recolección de residuos a partir de un DEM, por lo tanto, se opta el uso de la herramienta de análisis de rutas que está integrada en el sistema de información geográfica ArcGIS llamada Network Analyst.

6.3.2.1. Desarrollo herramienta Network Analyst en ArcGIS

Sistema de coordenadas: MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ

INSUMOS

Capa vías Sylvania: Partimos de una capa general de Vías encontrada en la capa de planchas escala 1:100000 de Colombia de la cual al realizar el recorte con el municipio obtendremos las vías de interés, están vienen categorizadas, pero para el desarrollo del ejercicio no es necesaria esta categorización esto se debe a que la herramienta Network

Analyst presenta inconvenientes en el trazado de la ruta si se cuenta con esta categorización por lo tanto se hizo un Dissolve en todas las vías para unificarlas a partir de su característica de Polilínea, esta vía es fundamental para el desarrollo de la herramienta de Network Analyst. Como se menciona esta capa se obtuvo del Geo portal IGAC en la sección de consulta de planchas, tomada del dataset de Vías Terrestres. De esta capa de vías se tiene como punto de referencia primordial la Vía panamericana

Capa Veredas y Casco Urbano: Estas capas vectoriales se obtuvieron a partir de un recorte realizado con el municipio, no requiere de ningún otro proceso. Se obtuvo la capa de veredas desde Datos Abiertos Colombia y el Casco Urbano se encuentra en la capa anteriormente mencionada de planchas escala 1:100000 de Colombia en el dataset de Administrativo. Es importante mencionar que el punto inicial de las rutas de recolección serán el casco urbano del municipio debido a que allí se encuentra la zona de partida de cada vehículo recolector de residuos.

Capa de Puntos de recolección: Esta capa se construyó con los datos obtenidos de las encuestas realizadas en el municipio, es decir, es de creación propia.

PRODUCTOS

Capa de Rutas de recolección en Veredas: es pertinente señalar que se requiere el uso de varias vías de recolección y recordar que cuando se utiliza la herramienta de Network Analyst está de por sí elige la mejor ruta que pueda tomar el vehículo de recolección, es por esto que se plantean al final 13 rutas diferentes con sus respectivos horarios, distancias y tiempos determinados.

Mapa de rutas de recolección: representación gráfica de cada una de las vías de recolección.

Herramienta Network Analyst:

La herramienta se crea a partir de un dataset que en este caso es “Vías” y se encuentra en la GDB creada para las rutas del municipio llamada “SILVANIA.gdb”, en las opciones de esta herramienta como insumo principal se debe tener las Vías como se mencionó anteriormente y que estas tengan en ellas la distancia del total de todas las vías. Esta es la herramienta pertinente:



Cada vez que se dé la opción resaltada” Create Network Location Tool” se observará una ventana de Network Analyst y una ruta en la tabla de contenidos

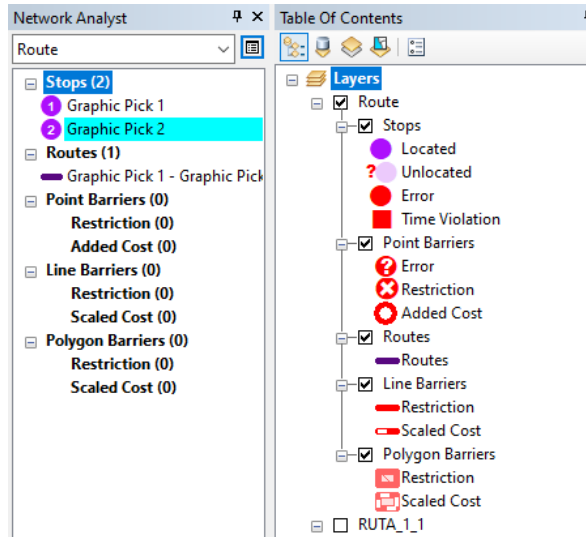


Figura 1. herramienta Network Analyst. Fuente propia (extraído de ArcGIS)

partir de allí solo se ubicarán dos puntos en el mapa y se dará en la opción de la barra de Network Analyst “Solve” y esta creara por si sola la ruta, posteriormente se exportara en formato: formato “Shp” permitiendo observar la ruta trazada por la propia herramienta facilitando el proceso

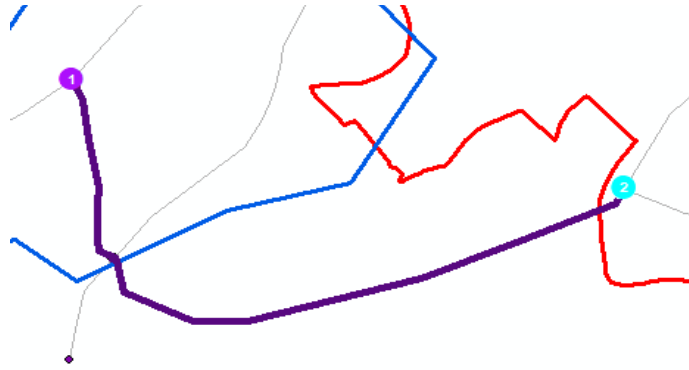


Figura 2. Ejemplo de una de las rutas de recolección con el diseño realizado en la herramienta Network Analyst.

Fuente propia (extraído de ArcGIS)

Este proceso se repetirá hasta cubrir las 13 veredas del municipio, para obtener los productos antes mencionados. En la figura 2, se observa una primera versión del trazo de la ruta que más adelante se detalla, el punto 1 en morado es el punto de inicio y el punto 2 en azul es el punto final.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Georreferenciación de posibles puntos de acopio

En la siguiente tabla (tabla 4) se presentan los respectivos puntos de acopio con su nombre conocido por los residentes de las veredas con sus respectivas coordenadas.

# puntos	nombre punto	Y	X
1	Subia norte	4,485685	-74,373741
2	Subia pedregal	4,477172	-74,377478
3	Subia central	4,469501	-74,384052
4	Colegio Subia	4,468116	-74,385358
5	Subia carbonera	4,466862	-74,38791
6	Inspección de policía Subia	4,467558	-74,384032
7	Subia delicias	4,460905	-74,385097
8	Azafranal entrada el retiro	4,440581	-74,380536
9	Azafranal quesos el puerto	4,428705	-74,392676
10	Yayata loma alta	4,412285	-74,394769
11	Solo sopas yayata	4,421851	-74,388421
12	Azafranal centro	4,44518	-74,379013
13	Azafranal el vergel	4,45267	-74,37856
14	Yayata villa eudes	4,406	-74,406
15	Loma alta	4,401	-74,402
16	Panama	4,393	-74,418
17	San Jose del chocho	4,378	-74,425
18	Santa Rita alta	4,402	-74,378
19	Agua Bonita	4,421	-74,33
20	Victoria alta	4,444	-74,337
21	San Luis alto	4,451	-74,344
22	Noruega alta	4,481	-74,354
23	Jalisco	4,471	-74,322

Tabla 4. puntos de recolección con sus respectivo nombre y coordenada (fuente propia)

7.1.1. Puntos de recolección

A lo largo de las veredas del municipio de Sylvania se georreferenciaron **23 puntos** de recolección, esto se hizo con la aplicación Avenza maps y visita en campo a cada uno de los puntos como se muestra en la figura 3 y 4

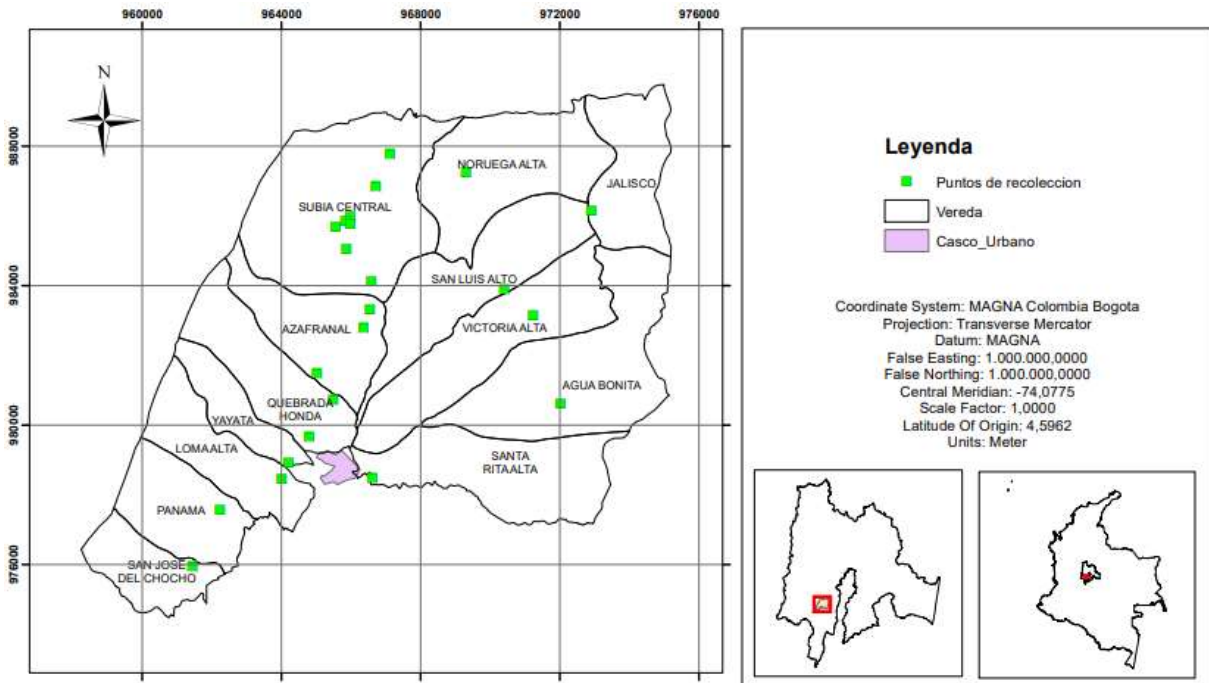


Figura 3. localización de los puntos de acopio georreferenciados a lo largo de la zona rural del municipio de Silvania (fuente propia) Escala 1:120000

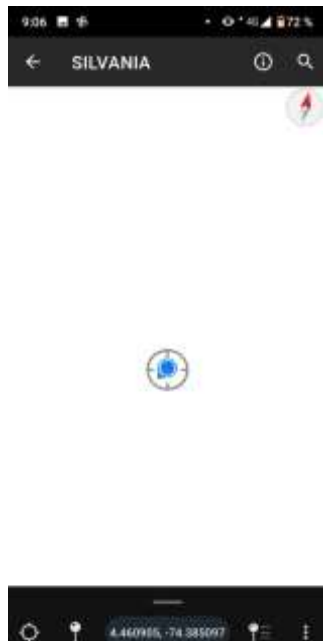


Figura 4. Ejemplo de georreferenciación (coordenadas 4.460909; -74. 385097) de los puntos de acopio con la aplicación Avenza Maps (fuente propia)

Nota: las fotografías de evidencia se presentan en el documento de anexos denominado como Anexo 1 fotografías de soporte

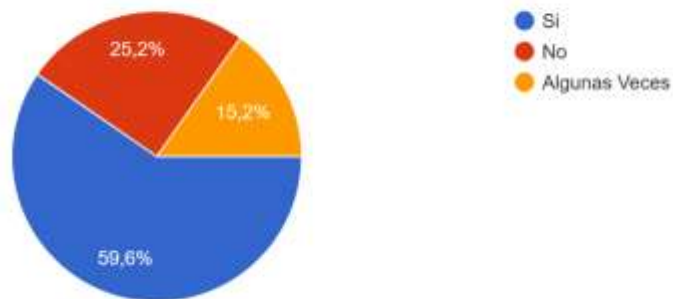
7.2. Análisis de los datos

En este ítem se presenta un análisis de los datos obtenidos de la encuesta realizada a los posibles usuarios del servicio. La importancia de estos datos radica en que es información directamente entregada por los usuarios del servicio y podrá ser usada como actualización del PGIRS.

La encuesta consta de nueve preguntas todas asociadas a el aprovechamiento de residuos en la zona veredal, esto para tener una idea de la situación actual de estas zonas.

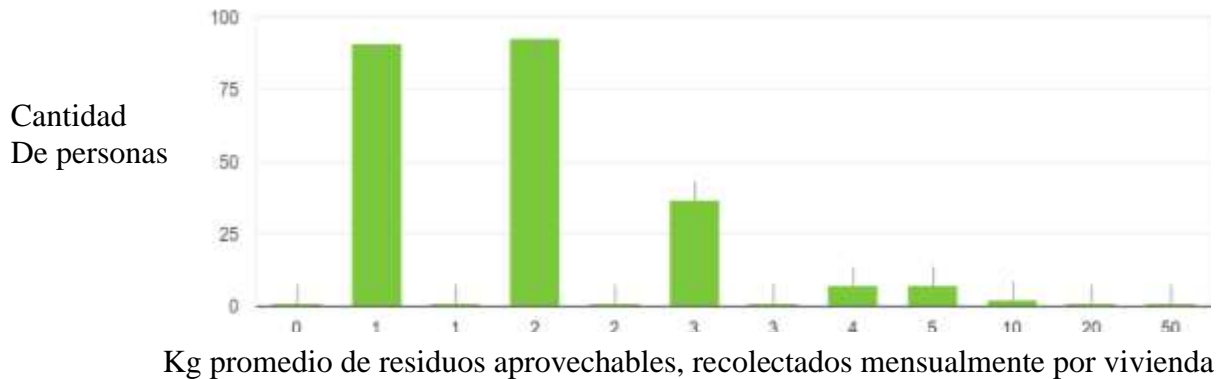
2. ¿Separa y dispone adecuadamente los residuos sólidos generados en la vivienda ?

329 respuestas



4. ¿que cantidad aproximada de residuos sólidos separa mensualmente?

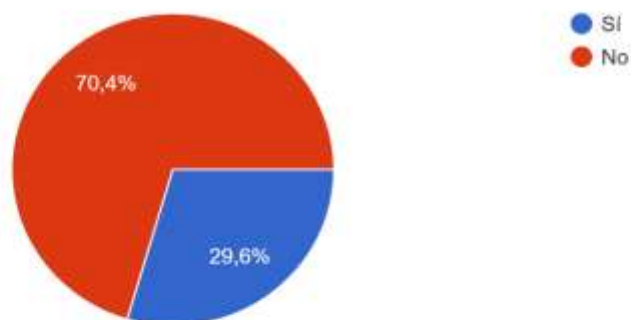
243 respuestas



En esta pregunta los resultados fueron de un 37.1% para 1 kg, 38.3 para 2 kg, 15.2% para 3kg

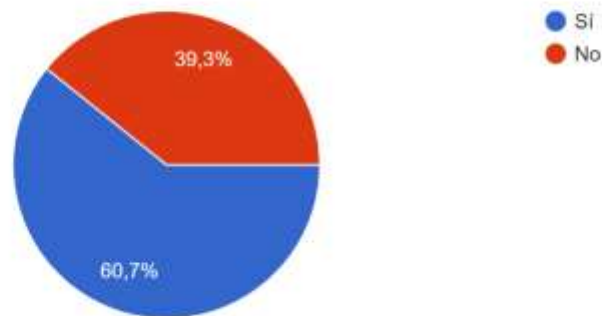
6. ¿sabe usted que el municipio cuenta con empresas de recolección de materiales reciclables?

328 respuestas



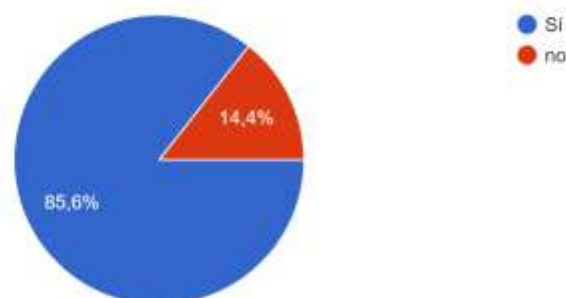
7. ¿está dispuesto a que cerca a su vivienda se coloque un contenedor de gran tamaño para el material aprovechable?

326 respuestas



9. ¿ participaría usted en las capacitaciones y sensibilizaciones sobre la importancia del reciclaje ?

327 respuestas



Según la pregunta 2 de la encuesta realizada el 59.6 % de las viviendas encuestadas separa adecuadamente los residuos sólidos esto potencializa la ruta de recolección ya que hay una cantidad considerable de residuos que pueden ser aprovechados por los recuperadores ambientales

Teniendo en cuenta los datos de la pregunta 4 se produce en promedio semanal en las viviendas en residuos aprovechables **0.4 kg /vivienda-semana** y una producción mensual por vivienda promedio de **1.6 kg/ vivienda-mensual**. Esto ira directamente relacionado con la cantidad de residuos que pueda recoger el carro recolector influyendo en los tiempos de recolección y la cantidad de viajes necesarios para hacer la recolección completa.

Una recomendación importante es dar a conocer a la comunidad rural de las agremiaciones de recicladores que prestan el servicio de recolección de material aprovechable en el municipio de Sylvania, porque el 70.4% de las viviendas encuestadas no conocen de ellas y no conocen que operan en el municipio, como se observa en la pregunta 6 de la presente encuesta. Esto conlleva a que la cantidad de residuos separados disminuya en las rutas propuestas acarreando un déficit económico para las agremiaciones encargadas de la recolección.

Para el punto de acopio según la pregunta 7 el 60.7% de las viviendas encuestadas está de acuerdo con la instalación de una estructura de acopio de gran tamaño en los puntos propuestos esto apoya a la ruta en disminución de tiempos empleados dentro de ellas ya que esta recolección solo se hace en un punto específico y no casa por casa.

Las preguntas restantes se formularon para recolección de información que sirva de apoyo al PGIRS del municipio de Sylvania, por esta razón no se hace el respectivo análisis ya que la información recolectada de estas preguntas no aporta a la propuesta de la ruta de recolección. Sin embargo, si fue un compromiso realizar estas preguntas para recolección de información con la

alcaldía municipal de Sylvania, estas se encuentran en el documento de anexos con el nombre de Anexo 3, encuestas. Resultados de preguntas para apoyo del PGIR del municipio de Sylvania

7.2.2. Estructura del punto de acopio

para el acopio del material reciclable en los puntos propuestos, se tomó el diseño de los puntos ecológicos “PET CAR” o eco contenedores (corporación autónoma regional CAR, 2018) que se muestra en la figura 5. Este tendría unas dimensiones iguales al del eco contenedor que son de 70cm de ancho 2 metros de largo y 1.80 metros de alto para almacenar un volumen aproximado de **2.52 m³** se escoge esta estructura de punto de acopio ya que la comunidad esta familiarizada con ello teniendo el conocimiento previo de que esta es una estructura de acopio de materiales aprovechables y aún más importante es que en la zona rural las viviendas son muy dispersas y da facilidad al momento de la recolección. reduciendo costos de operación y tiempo de recolección.



Figura 5. punto de acopio fuente (eco contenedor CAR)

Carro recolector

En este caso la recolección y aprovechamiento de los residuos aprovechables estará a cargo de las tres asociaciones de recicladores de Silvania que son ASSOSOAM, BIOARSYC y AREN. Dando de esta forma, cumplimiento al Decreto 596 de 2016 al hacer partícipes de la gestión integral de los residuos sólidos a los recicladores establecidos en asociaciones formales. Además, es importante indicar que las asociaciones mencionadas cuentan con un vehículo recolector marca Ford F-150 modelo 1996 con un volumen de carga aproximado de **18.4 m³**.



Figura 6. vehículo recolector similar de residuos aprovechables

7.3. Puntos de acopio y ruta de recolección de residuos sólidos

7.3.1. Puntos de acopio

Según los **23 puntos** de recolección georreferenciados a lo largo de las 13 veredas del municipio de Silvania (Cundinamarca). Se realizó un área de influencia de **15.45 km²** como se muestra en la figura 7. Cada círculo en la imagen tiene un Radio de **500 metros**.

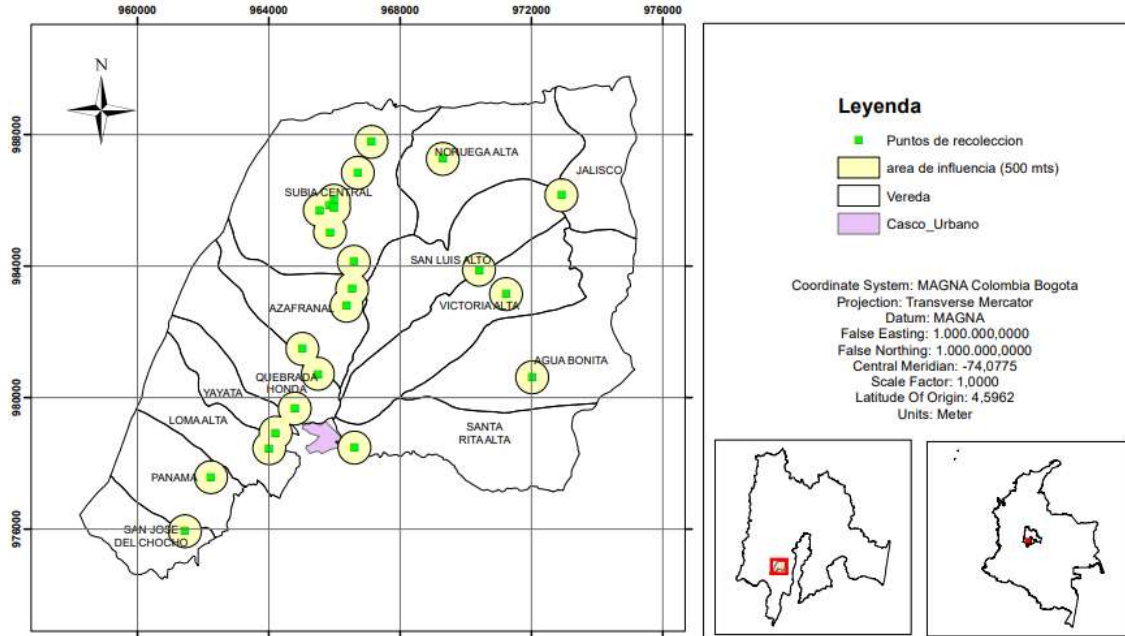


Figura 7. puntos de recolección y área de influencia repartidos por las veredas del municipio de Silvania (Cundinamarca) (fuente propia) Escala 1:120000

7.3.2. Rutas de recolección de residuos

En un principio es importante resaltar que el punto de inicio/fin de recolección de los residuos aprovechables es la misma zona de clasificación esta se encuentra en funcionamiento. Y es la que se observa en la figura 9 como punto de garage/recoleccion

Cada una de las rutas son obtenidas a partir de la herramienta Network Analyst que toma la ruta más eficiente para la recolección de la cual se obtienen datos de distancia recorrida de punto a punto de recolección, como se evidencia en la siguiente figura, para el discriminado de las macro rutas observar en el documento de anexos diferenciado como Anexo 4 del discriminado por cada una de las macro rutas.

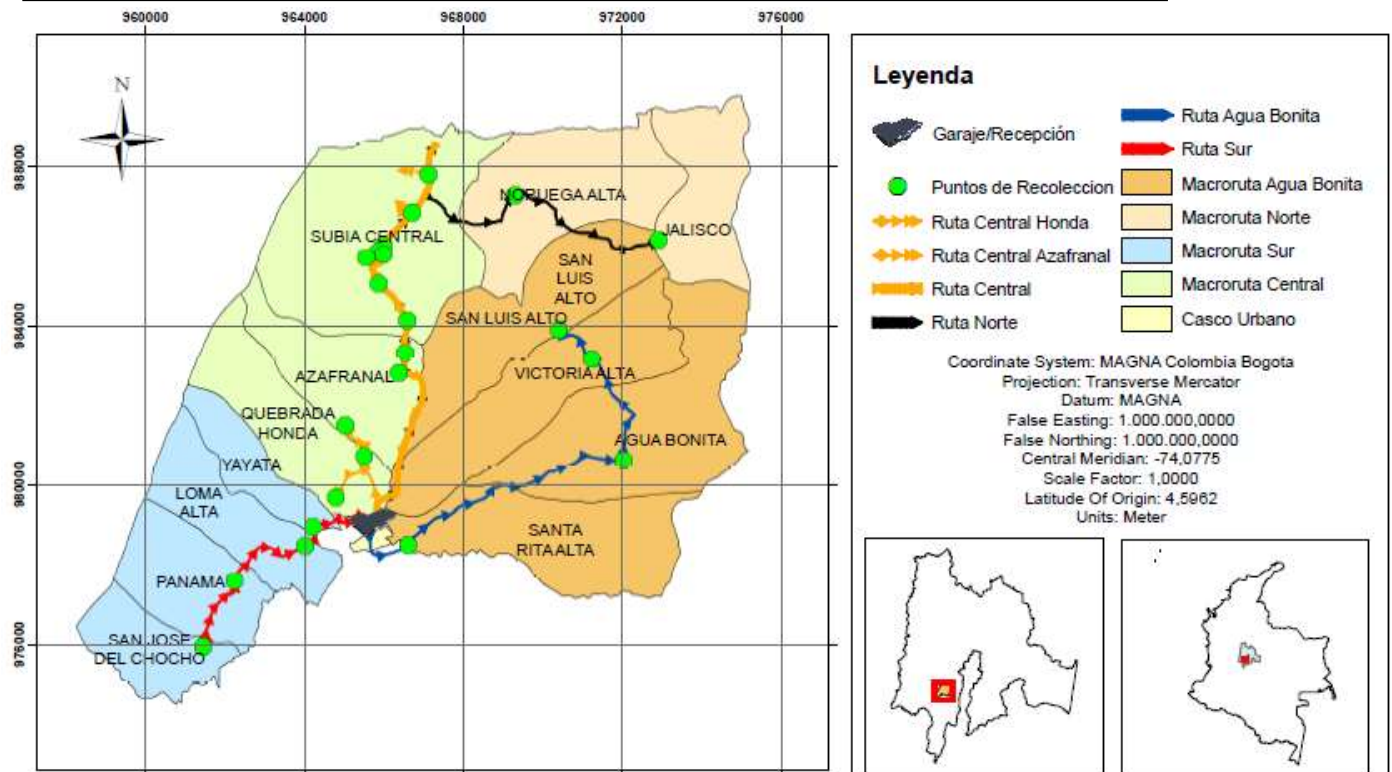


Figura 8. Macro rutas veredales de recolección de residuos aprovechables Silvania-Cundinamarca. Fuente propia (Extraído Arcmap) Escala 1:120000

Macro ruta	Número de Micro rutas	Sector	Distancia recorrida (Km)	Recorrido Muerto (Km)	Recorrido de recolección (Km)
1	6	Subia central, Azafranal, Quebrada Honda	29,4	11,25	18,15
2	4	Yayata, Loma alta, Panamá, San José del Chocho	13,6	6,8	6,8
3	4	Santa Rita alta, Agua bonita, Victoria alta, San Luis alto	29,4	14,7	14,7
4	2	Noruega Alta, Jalisco	37,24	29,88	7,36

Tabla 5. Cubrimiento y distancia recorrida de cada una de las Macro rutas de recolección (fuente propia)

Como se observa la macro ruta 1 es la que más presenta micro rutas esto se debe a que en esta zona es donde se han observado la mayoría de los centros poblados esto se puede notar en las evidencias

fotográficas adjuntas en el documento de anexos. Lo anterior, descrito permite estimar una mayor recolección de residuos por parte de la empresa en esta macro ruta.

Es por esto por lo que se permite identificar cada una de las macro rutas presentadas en la tabla 5 y así determinar la distancia recorrida en cada una de las micro rutas

NOTA: La velocidad promedio en las micro rutas de recolección independiente de su categoría suelen ser de 3 Km/h y en transición o de recorrido muerto suelen tener velocidades de 30 Km/h (Pinilla, 2017). Sin embargo, esto depende de las condiciones físicas de la vía. La selección de estos datos de velocidades promedio se basan en evidencias bibliográficas esto se debe a que no se ha realizado un proceso experimental que permita determinar la velocidad promedio real de recolección para el municipio de Sylvania, Cundinamarca, es por esto por lo que se toman estos datos a partir de otros proyectos que presentan condiciones similares. Por lo tanto, la velocidad de recolección promedio es de 3 Km/h como se mencionó anteriormente debido al proceso mismo de recolección de residuos en donde el vehículo toma velocidades bajas para poder realizar la recolección en donde se realizan los procesos manuales de la recolección.

Macro Ruta 1						
Micro ruta	Sector	Puntos de recolección cubiertos	Distancia recorrida Km	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo h	Tiempo min
1.1	Subía Central 1	1	0,86	3	0,29	17,4
1.2	Subia Central 2	1	0,67	3	0,22	13,2
1.3	Subia Central 3	4	0,56	3	0,19	11,4
1.4	Azafranal	3	2,74	3	0,91	54,6
1.5	Quebrada Honda	2	2,42	3	0,81	48,6
1.6	Vía Panamericana	2	11,25	30	0,36	21,6
-	Recorrido muerto	-	11,25	30	0,36	21,6

-	Tiempo total de recorrido	-	-	-	3,14	188,4
---	---------------------------	---	---	---	------	-------

Tabla 6. Micro rutas de Macro Ruta 1(fuente propia)

Macro Ruta 2						
Micro ruta	Sector	Puntos de recolección cubiertos	Distancia recorrida Km	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo h	Tiempo min
2.1	Yayata	1	1,84	3	0,61	36,6
2.2	Loma Alta	1	0,63	3	0,21	12,6
2.3	Panamá	1	2,39	3	0,80	48
2.4	San José del Chocho	1	1,96	3	0,65	39
-	Recorrido Muerto	-	6,8	30	0,22	13,2
-	Tiempo total de recorrido	-	-	-	2,49	149,4

Tabla 7. Micro rutas de Macro Ruta 2(fuente propia)

Macro Ruta 3						
Micro ruta	Sector	Puntos de recolección cubiertos	Distancia recorrida Km	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo h	Tiempo min
3.1	Santa Rita Alta	1	2,07	3	0,69	41,4
3.2	Agua Bonita	1	8,33	3	2,78	166,8
3.3	Victoria Alta	1	3,06	3	1,02	61,2
3.4	San Luis Alto	1	1,24	3	0,41	24,6
-	Recorrido Muerto	-	14,7	30	0,49	29,4
-	Tiempo total de recorrido	-	-	-	5,39	323,4

Tabla 8. Micro rutas de Macro Ruta 3 (fuente propia)

Macro Ruta 4						
Micro ruta	Sector	Puntos de recolección cubiertos	Distancia recorrida Km	Velocidad Promedio Km/h	Tiempo h	Tiempo min
4.1	Noruega Alta	1	2,93	3	0,98	58,8
4.2	Jalisco	1	4,38	3	1,46	87,6

-	Recorrido muerto	-	29,88	30	0,99	59,4
-	Tiempo total de recorrido	-	-	-	3,43	205,6

Tabla 9. Micro rutas de Macro Ruta 4 (fuente propia)

Finalmente, se cuenta con un total de 4 macro rutas, que contienen 16 micro rutas lo cual permite abarcar los 23 puntos de recolección postulados.

Como se observa en las tablas (6 a 9), la duración de recorrido de cada una de estas se encuentra en horas para facilitar los cálculos, a partir de esta duración se genera una frecuencia de recolección, esta frecuencia también debe tener en cuenta el volumen del vehículo recolector que es de 18,4 m³, esto permite tener en cuenta en el proceso de recolección de cada una de las macro rutas el no exceder el volumen del vehículo.

Solo en la macro ruta 4 se puede observar un mayor tiempo de recorrido muerto de recolección esto se debe a la lejanía de este punto con la zona de inicio de recolección como se observa en la Figura 8 y su distancia de recorrido muerto evidenciada en la tabla 9 que es de 29,88 Km, aunque esta distancia sea elevada el tiempo que consume es relativamente bajo de 1 hora aproximadamente, lo cual permite que estos puntos de recolección de la zona Norte del municipio puedan ser cubiertos.

La Micro ruta 1.3 observada en la tabla 6 es la que presenta mayor cubrimiento de puntos de recolección (4 puntos) en una menor distancia recorrida de 0,56 Km esto es justificable por la facilidad de acceso que se tiene a los caseríos que se encuentran en esta zona del municipio más específicamente en la vereda de Subia, que es en donde más se refleja la actividad de los usuarios, tanto en las encuestas realizadas como en participación ciudadana.

Macro Ruta	Zonas de cubrimiento	Recolección esperada por recorrido en m3	Cumplimiento con los 18,4 m3 del vehículo recolector
1.1	Subia central	15,12	SI
1.2	Azafranal, Quebrada Honda, Vía panamericana	17,64	SI
2	Yayata, Loma alta, Panamá, San José del Chocho	9,44	SI
3	Santa Rita alta, Agua bonita, Victoria alta, San Luis alto	9,44	SI
4	Noruega Alta, Jalisco	4,72	SI

Tabla 10. Recolección esperada de residuos por cada Macro ruta de recolección (fuente propia)

En la tabla 10 se observa la recolección esperada de residuos por cada una de las macro rutas donde se evidencia que es necesario fraccionar en dos viajes la macro ruta 1 esto se debe a que es necesario cumplir con el volumen del vehículo recolector

Macro ruta	Sector	Frecuencia	Horarios
1	Subia central	Lunes	8:00 am – 10:00 am
	Azafranal, Quebrada Honda	Lunes	1:00 pm – 4:00 pm
2	Yayata, Loma alta, Panamá, San José del Chocho	Martes	8:00 am – 11:00 am
3	Santa Rita alta, Agua bonita, Victoria alta, San Luis alto	Miércoles	8:00 am – 2:00 pm
4	Noruega Alta, Jalisco	Martes	1:00 pm – 5:00 pm

Tabla 11. Frecuencia de recolección de residuos sólidos aprovechables en la zona rural del municipio de Sylvania-Cundinamarca (fuente propia)

Esta

frecuencia se establece teniendo en cuenta la capacidad del vehículo recolector que como se ha mencionado es de 18,4 m³, teniendo en cuenta los cálculos de recolección esperada por cada macro ruta por cada uno de los viajes evidenciado en la tabla 10, es cierto que la macro ruta 1 que recolecta 32,76 m³ presenta problemas en cuenta al volumen límite de recolección de los residuos es por esto por lo que se divide en dos viajes uno que recolecta 15,12 m³ y otro que recolecta 17,64 m³ esto con el fin de poder cubrirla con la capacidad del vehículo recolector de residuos.

La frecuencia de recolección como se observa en la tabla 11 se realizará de Lunes a Miércoles en horarios de trabajo adecuados, la macro ruta que más presenta horario extendido de trabajo es la macro ruta 1 de 8:00 a.m. a 4:00 p.m. esto se debe a la cantidad de puntos de recolección que se encuentran en esta zona y a la necesidad de realizar dos viajes para cubrir los residuos generados es por esta razón que se permite dividirla en dos horarios para que los trabajadores encargados no sufran extralimitaciones laborales y se cumpla con la recolección.

Solo una de las rutas (Macro ruta 3) se cubrirá en un solo día esto se debe a la distancia de recorrido y el tiempo que tarda en realizarse dicho recorrido que se evidencia en la tabla 7 con tiempo aproximado de 5,40 horas generado por la recolección que ofrece a las cuatro veredas y a cada uno de los puntos de recolección que allí se encuentran.

8. CONCLUSIONES

- Es importante promover con la alcaldía municipal y las agremiaciones de reciclaje la instalación de los puntos de acopio, ya que con esto se evita la recolección puerta a

puerta

de los residuos disminuyendo los tiempos y costos que conlleva la recolección, evitándose también, la dispersión de los residuos creando más contaminación.

- En la zona rural del municipio se evidencia el interés de la gente para participar en actividades de aprovechamiento de residuos sólidos y se puede trabajar en capacitaciones sobre correcta separación y así mismo, dar a conocer las agremiaciones de recicladores porque es una falencia que se encontró al realizar el análisis de las encuestas.
- Los sistemas de información geográfica y el uso de la herramienta Network Analyst de ArcGIS permitió el diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables en el área rural del municipio de Silvania. Además, se tienen en cuenta datos como la distancia, velocidad promedio, y la capacidad del vehículo recolector para determinar los recorridos más eficientes.
- Para realizar las rutas de recolección de residuos sólidos aprovechables en las 13 veredas del municipio se propone como frecuencia de recolección los días: lunes, martes y miércoles. Cabe resaltar que esta frecuencia de recolección está sujeta a cambios que permitan ajustarse a las especificaciones de la empresa encargada de la recolección de residuos ASSOSOAM, BIOARSYC y AREN.
- La importancia de realizar el diseño de la ruta de recolección de residuos sólidos aprovechables en el área rural, le permitirá al municipio de Silvania actualizar la actividad de aprovechamiento y a su vez, actualizar el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).

9. BIBLIOGRAFÍA

Corporación autónoma regional CAR. (11 de abril de 2018). *Dos eco-contenedores para la disposición adecuada de residuos fueron entregados por la CAR en Chocontá*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/saladeprensa/dos-eco-contenedores-para-la-disposicion-adecuada-de-residuos-fueron-entregados-por-la-car-en-choconta>

México, G.-W. C. (2 de octubre de 2019). Trazar ruta de recolección de residuos ArcMap. México DC, México.

Ministerio de vivienda ciudad y territorio. (13 de mayo de 2015). *Resolución 288 de 2015*.

Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col146939.pdf>

Ministerio de vivienda ciudad y territorio. (23 de noviembre de 2016). *Decreto 1898 de 2016*.

Obtenido de

<http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201898%20DEL%2023%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202016.pdf>

Ministerio de vivienda ciudad y territorio. (2014). *Resolución 754 de 2014*. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/gestioninstitucional/gesti%C3%B3n-de-residuos-solidos/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos/pgirs-segunda-generacion>.

Obregon, M., & Gomez, L. (2016). *Manejo de los residuos solidos en Colombia*. Bogotá.

Pinilla, A. (2017). *propuesta técnica para el diseño de rutas y caracterización de los residuos sólidos urbanos, como aporte a la formulación del PGIRS, en el municipio de bahía solano, choco*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

Revista Semana. (10 de septiembre de 2017). *Semana Sostenible*. Obtenido de

<https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/basura-en-colombia-en-el-pais-se-producen-10-millones-de-toneladas-al-año/38765>

Rivas, C. (2018). *Piensa un minuto antes de actuar: Gestion integral de residuos solidos*.

Bogotá: Mincomercio industria y turismo.

Ruiz, S. (2016). *Plan de gestion integral de residuos solidos municipio de Sylvania*. Sylvania.