

**POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA  
URBANA DEL MUNICIPIO LA UNIÓN - NARIÑO**

**SINDY LISBETH CASTILLO ALVEAR  
KAREN DANIELA ERASO ERASO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2022**

**POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA  
URBANA MUNICIPIO DE LA UNIÓN - NARIÑO**

**SINDY LISBETH CASTILLO ALVEAR  
KAREN DANIELA ERASO ERASO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Presidente:  
IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2022**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Firma presidente de tesis

---

Firma de jurado

---

Firma de jurado

SAN JUAN DE PASTO, AGOSTO DEL 2022.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos gracias a Dios por lograr culminar esta etapa tan importante en nuestras vidas; agradecemos también a nuestros padres, hermanos y demás familiares por ser el motor, fuerza y motivo de superación, por brindarnos todo su apoyo y comprensión para seguir adelante.

Y no menos importante un agradecimiento especial a nuestra Alma Mater, Universidad De Nariño, por brindarnos la oportunidad de formarnos ética y profesionalmente, a los docentes y compañeros por cada uno de los momentos compartidos y experiencias brindadas, a nuestro asesor Iván Andrés Delgado I.AF. M.Sc, por su asesoramiento, paciencia y compromiso durante el desarrollo de nuestro trabajo.

De igual manera agradecemos a nuestras jurados de tesis Angela Andrea Molina Moreno I.AF. M.Sc y Gloria Cristina Luna Cabrera I.AF. M.Sc por su acompañamiento y en general a todas las personas que hicieron parte de nuestro proceso.

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Maria Alvear y Luis Castillo por mostrarme el camino de la superación, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

A mis hermanos Alexander, Esteban, y Delmy por su apoyo incondicional y confianza en mí para poder culminar la carrera universitaria.

*Sindy Lisbeth Castillo Alvear*

## DEDICATORIA

Me permito dar gracias a Dios, por guiarme siempre por buenos caminos, por darme fuerza y valentía para poder culminar este proceso; A mi familia, especialmente a mi madre, Ana Lucias Eraso Riascos por ser mi apoyo incondicional, mi fuerza, mi motor y mi inspiración, a ella dedico cada triunfo de mi vida, así mismo a mis abuelos maternos quienes han estado incondicionalmente en este proceso, a mi familia en general que han estado conmigo apoyando cada paso de mi vida; hoy es satisfactorio ver hacia atrás y analizar como he avanzado en la vida y ver la bondad de Dios conmigo, el amor y apoyo incondicional de mis seres queridos a quien dedico este nuevo triunfo de mi vida.

¡La emoción que siento quedara para la historia de mi vida por que no fue fácil pero aquí estamos y seguiremos con muchos logros más de la mano de Dios!

*Karen Daniela Eraso Eraso*

# POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO LA UNIÓN - NARIÑO

Castillo Alvear Sindy Lisbeth<sup>1</sup>; Eraso Eraso Karen Daniela<sup>2</sup>; Delgado Vargas Iván Andrés<sup>3</sup>

## RESUMEN

El municipio de La Unión, departamento de Nariño, fundamenta su economía en el sector agrícola, principalmente en la producción de cultivos de café. En la zona urbana, la economía se desarrolla mediante actividades de tipo comercial, industrial (establecimientos comerciales de alimentos y bebidas, calzado y prendas de vestir, papelerías, carpinterías y variedades) e institucional (escuelas, hospitales y colegios). La presente investigación evalúa el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos generados en la localidad, partiendo de un diagnóstico del estado del sistema de servicios públicos, específicamente el de control y manejo de desperdicios; continuando una caracterización física de los mismos y, finalmente, el respectivo análisis de resultados. La información fue recolectada a través de entrevistas, observación y trabajo en campo, registro fotográfico y audio y, revisión de literatura de fuentes primarias y secundarias. Las principales conclusiones fueron: (i) El municipio requiere la formulación de nuevos programas sobre gestión integral de los residuos sólidos que tengan como objetivo principal la transformación y reincorporación de estos en el ciclo económico; (ii) Es pertinente promover campañas de educación sobre control y manejo de residuos sólidos en la comunidad para fomentar la consciencia ambiental necesaria para disminuir y/o mitigar los impactos negativos por contaminación en el ambiente y la salud humana; (iii) Por último, la materia orgánica es el residuo que más se genera en el municipio y su potencial de aprovechamiento es de 87,6%. Se determinó que, de acuerdo con las condiciones y características del municipio, el compostaje es la alternativa más apropiada para el tratamiento de este tipo de residuo.

**Palabras Clave:** Residuo, aprovechamiento, impactos en salud y ambiente, caracterización física, diagnóstico, alternativas.

---

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. Email: lisbethcastillo170@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. Email: danielaeraso1223@gmail.com

<sup>3</sup> I.Af. M.Sc Docente de la Facultad De Ciencias Agrícolas, FACIA, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. Email: ivandelgado5@gmail.com

## ABSTRAC

The municipality of La Unión, department of Nariño, bases its economy on the agricultural sector, mainly on the production of coffee crops. In the urban area, the economy is developed through commercial, industrial (commercial establishments of food and beverages, footwear and clothing, stationery, carpentry and varieties) and institutional (schools, hospitals and colleges) activities. This research evaluates the potential use of urban solid waste generated in the locality, based on a diagnosis of the state of the public service system, specifically the control and management of waste; continuing a physical characterization of the same and, finally, the respective analysis of results. The information was collected through interviews, observation and field work, photographic and audio recording, and literature review of primary and secondary sources. The main conclusions were: *(i)* The municipality requires the formulation of new programs on comprehensive management of solid waste whose main objective is the transformation and reincorporation of these in the economic cycle; *(ii)* It is pertinent to promote educational campaigns on the control and management of solid waste in the community to promote the necessary environmental awareness to reduce and/or mitigate the negative impacts of pollution on the environment and human health; *(iii)* Finally, organic matter is the waste that is most generated in the municipality and its potential for use is 87.6%. It was determined that, according to the conditions and characteristics of the municipality, composting is the most appropriate alternative for the treatment of this type of waste.

**Keywords:** Residue, use, impacts on health and environment, physical characterization, diagnosis, alternatives.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objetivo general .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
3.1 Zona de estudio .....	15
3.2 Enfoque de estudio .....	15
3.3 Técnicas de investigación .....	18
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Diagnóstico del estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos en el municipio .....	21
4.2 Caracterización de residuos sólidos generados .....	28
4.3 Potencial de aprovechamiento de residuos orgánicos y aprovechables.....	33
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	<b>47</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación Zona Urbana del Municipio de La Unión Nariño. ....	15
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo de trabajo de campo .....	17
<b>Figura 3.</b> Método de cuarteo.....	19
<b>Figura 4.</b> Lugares y horarios de recorrido de EMAS Pasto (2022). ....	27
<b>Figura 5.</b> Cantidad de residuos sólidos (kg) recolectados por el camión de aseo. ....	29
<b>Figura 6.</b> Pesaje de residuos obtenidos mediante técnica de cuarteo .....	30
<b>Figura 7.</b> Pesaje de residuos obtenidos después del cuarteo .....	30
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de residuos sólidos encontrados en el cuartil I y III.....	32

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de las técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
<b>Tabla 2.</b> Valores típicos de PPC (Kg/[Habitante*día]) para municipios colombianos .....	18
<b>Tabla 3.</b> Compendio general de establecimientos comerciales e institucionales en el municipio La Unión, Nariño y tipos de residuos generados.....	21
<b>Tabla 4.</b> Rutas de recorrido para recolección de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de La Unión, Nariño .....	23
<b>Tabla 5.</b> Proyección de la generación de residuos sólidos en La Unión, Nariño .....	24
<b>Tabla 6.</b> <i>Matriz de priorización de problemas</i> .....	28
<b>Tabla 7.</b> Peso de cada cuartil y porcentaje en peso de cada tipo de residuo sólido encontrado .....	30
<b>Tabla 8.</b> <i>Composición física de los residuos sólidos reciclables</i> .....	31
<b>Tabla 9.</b> Precios promedio de comercialización de materiales por presentación a nivel nacional (\$/kg) 2022. ....	33
<b>Tabla 10.</b> Proyección de ingresos económicos generados por la venta de residuos sólidos en el municipio de La Unión. ....	34
<b>Tabla 11.</b> Proyección aproximada de ingresos económicos para porcentaje de aprovechables .....	35
<b>Tabla 12.</b> Alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. ....	35
<b>Tabla 13.</b> <i>Alimento animal a base de residuos orgánicos.</i> .....	36
<b>Tabla 14.</b> Material prima y fórmula ideal (Porcentajes %) .....	38
<b>Tabla 15.</b> Análisis de la materia y sus componentes .....	38
<b>Tabla 16.</b> Costos de producción de alimentos a escala de vivienda .....	39
<b>Tabla 17.</b> Beneficios económicos de la producción de alimento a escala de vivienda .....	40
<b>Tabla 18.</b> Residuos para generación de biogás y costos aproximados .....	41
<b>Tabla 19.</b> Residuos para compostaje y costos .....	42
<b>Tabla 20.</b> Comparación de costos entre alternativas .....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

El término “residuo” se refiere a cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso y que ha sido descartado o depositado tras cumplir su vida útil en la actividad en la que se generó (SIAC, 2022). Dichos residuos son de carácter antrópico a través del tiempo, situación que conlleva a una problemática ambiental cuando no se cuenta con una correcta disposición y, de esta forma, se bioacumulan en los diferentes ciclos naturales sobre la tierra (Soria, 2018) causando contaminación del suelo, los recursos hídricos, contaminación del aire, proliferación de plagas y efectos en la salud pública (Galvis, 2016).

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos que se generan en actividades propias del núcleo poblacional de una ciudad y, su origen, puede ser de tipo doméstico, comercial, institucional o industrial (André y Cerdá, 2006). Se pueden clasificar según su manejo como peligrosos e inertes y por su composición como orgánicos e inorgánicos (Pineda, 1998 según Galvis, 2016). Estos constituyen un grave problema ambiental toda vez que su generación sobrepasa los valores mínimos esperados y, en consecuencia, empiezan a invadir los espacios vitales y/o de esparcimiento (Soria, 2018).

A nivel mundial, el manejo de residuos es una de las problemáticas que se presenta en zonas urbanas, debido al incremento poblacional, el crecimiento del sector industrial, procesos de globalización y los diversos cambios culturales de la sociedad moderna atribuidos al consumismo (Sáez y Urdaneta, 2014). De acuerdo con el Banco Mundial (2018) en el año 2016, se registraron 242 millones/ton de desechos plásticos, representando un 12% del total global, de los cuales, al menos el 33% de los desechos se disponen inadecuadamente a nivel mundial mediante quema o vertedero a cielo abierto; una proyección emitida en el informe *What a Waste 2.0* comenta que debido al crecimiento demográfico la generación de residuos aumentará pasando de 2010 millones de toneladas en año 2016 a 3400 millones de toneladas en el año 2050.

En Colombia, se produce aproximadamente 27.500 ton/residuos sólidos/día, de los cuales sólo el 17% son aprovechados en el proceso de reciclaje. De acuerdo con la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación, a nivel nacional, el porcentaje de aprovechamiento puede llegar a un 40% (La República, 2019). Respecto a los residuos orgánicos (que representan el 81% del total generado; teniendo en cuenta que cada habitante, produce alrededor de 0,7 Kg/día), cuentan con un proceso de tratamiento aislado dentro del servicio de aseo público (Rodríguez, 2017). Dichas cifras se convierten en un gran reto para los procesos de gestión ambiental, por lo cual se requiere la toma de acciones conjuntas y la búsqueda de alternativas y métodos sostenibles para la minimización de residuos sólidos (Galvis, 2016).

Uno de los procesos más comunes para la gestión de los residuos sólidos es su “aprovechamiento”; Según Henao y Zapata (2008), consiste en el conjunto de etapas sucesivas que tienen como objetivo económico la valorización de cada remanente o la fabricación de un subproducto utilizable. Se denomina “aprovechable” a aquel residuo que puede ser reutilizado o transformado en otro producto para su reincorporación en el ciclo

económico del sector comercial y que, debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

El municipio de la Unión ubicado al nororiente de Nariño tiene una extensión de 147 km<sup>2</sup> y una población de 28.659 habitantes (Alcaldía municipal, 2019). Es uno de los municipios más poblados del departamento y presenta un elevado desarrollo económico de tipo comercial, agrícola y agroindustrial (confección de zapatos, polvorera, carpintería, floristería y cerrajería). Cuenta, además con establecimientos comerciales y de alimentos, así como estructuras institucionales (colegios, escuelas, y hospitales). Dadas estas características, la alta generación de residuos sólidos en el marco de los diferentes sectores (comercial, alimenticio y de salud) es inevitable, y se convierte en un grave problema toda vez que no se ejecuta una adecuada gestión debido a la falta de tecnologías de beneficio, falta de continuidad en los programas de manejo y control de residuos (principalmente en la plaza de mercado), falta de inversión en proyectos de aprovechamiento sostenible y la falta de compromiso y educación ambiental (PGIRS La Unión Nariño, 2019).

Considerando lo mencionado anteriormente, para el municipio es fundamental y necesaria la implementación de estrategias de gestión integral de los residuos sólidos que permitan contribuir al cuidado responsable del ambiente y la salud humana. Es así como el presente trabajo de investigación tuvo como principal objetivo conocer el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio a partir de una caracterización física y un diagnóstico del estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Evaluar el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos en el área urbana del municipio de La Unión Nariño.

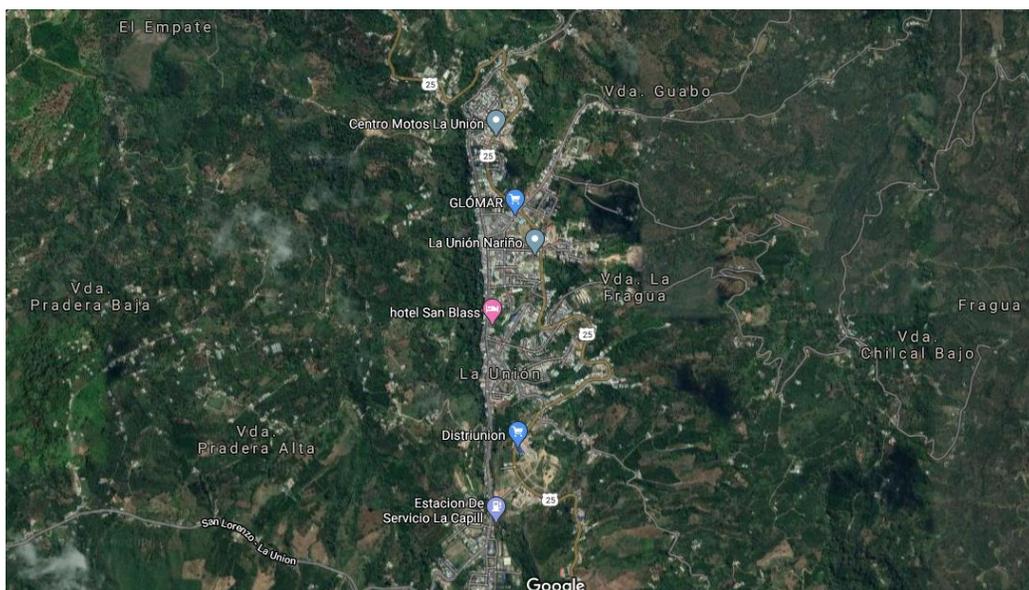
### **2.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos en el municipio.
- Caracterizar físicamente los residuos sólidos urbanos generados.
- Valorar el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Zona de estudio

La investigación se realizó en el casco urbano del municipio de La Unión, ubicado en las coordenadas 1°36'00" N y 77°7'59" O al norte del departamento de Nariño, Colombia (Figura 1). Cuenta con una población de 28.659 habitantes de los cuales 11.750 se ubican en la zona urbana; y una extensión de 147 km<sup>2</sup> en la que la zona rural se encuentra dividida en 9 corregimientos que agrupan 44 veredas mientras que la zona urbana está comprendida por 30 barrios (Alcaldía municipal, 2019). Además, tiene altitud de 1.727 m.s.n.m. y una temperatura entre 19°C a 28°C, por lo que, según la clasificación Holdridge, pertenece a la zona de vida Bosque seco-tropical (bs-T) (Weather Spark, 2022).



**Figura 1.** Ubicación Zona Urbana del Municipio de La Unión Nariño.

**Fuente:** Google Maps, 2022

Para conocer el estado actual de servicios públicos, específicamente del sistema de recolección, control y manejo de residuos sólidos en el municipio y, determinar el potencial de aprovechamiento de estos, se realizó un diagnóstico a través de visitas y trabajo de campo, entrevistas y profunda revisión de literatura en fuentes primarias y secundarias. Esto incluyó revisión de Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), datos estadísticos de investigaciones previas e información obtenida directamente desde la Alcaldía en el presente año.

#### 3.2 Enfoque de estudio

El presente estudio se realizó mediante la implementación de un modelo de investigación aplicada, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) para el proceso de recolección de información y posterior análisis, lo cual se organizó en cuatro etapas. *Primera etapa:* de trabajo exploratorio en campo en el que se realizó un reconocimiento de la zona de estudio. *Segunda etapa:* donde se efectuó la observación directa con objetivo descriptivo para conocer

las condiciones ambientales y sociales del territorio. *Tercera etapa:* en la que (i) se realizó una caracterización física de los RSU (ii) se efectuaron entrevistas y, (iii) se recopiló información secundaria. Estas dos últimas etapas reforzadas además con registro fotográfico y de audio. *Cuarta etapa:* en la que se desarrolló el análisis y complemento de información a través de revisión de literatura.

El estudio se llevó a cabo en escenarios experimentales controlados, permitiendo de esta manera dar cabida a las respectivas actividades de campo en las que se emplearon diversas técnicas y herramientas para la recolección de información empírica con la que se trabajó la descripción del análisis de los resultados.

En la Tabla 1 se expone un resumen de las técnicas y los instrumentos que se utilizaron, así se logra apreciar de forma precisa y directa los elementos básicos con los cuales se desarrolló la presente investigación.

**Tabla 1.** *Resumen de las técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Objetivos</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Diagnosticar el estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos en el municipio.	Observación directa e indirecta.	Fuentes primarias Fuentes secundarias
	Recopilación de datos	Entrevistas Grabaciones Libreta de anotaciones
Caracterizar físicamente los residuos sólidos urbanos generados.	Método de cuarteo	Cámara fotográfica Libreta de anotaciones
	Método de Análisis de pesaje total	Guantes Tapabocas Recolector Escoba
	Método de Análisis peso-volumen	Marcador del cuarteo o material divisor Báscula de piso Tabla de inventario
		Calculadora Tabulaciones
Valorar el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables.	Recopilación de datos.	Proyecciones Tabulaciones
	Medición de variables.	Escenarios

**Fuente:** *Elaboración propia, 2022*

### 3.3 Proceso metodológico

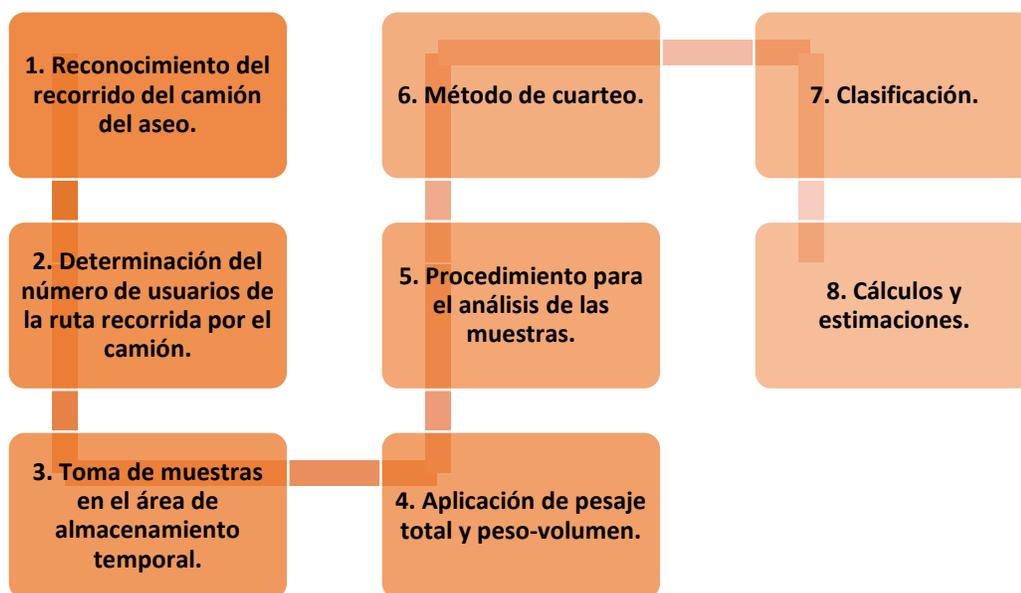
- **Diagnóstico del estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos en el municipio**

Mediante el análisis documental se extrajo la información concerniente a la gestión de los RSU-; Además, se realizó el diagnóstico de la situación del servicio de recolección y manejo de los mismos en el área de interés, así como también la exploración de documentos relacionados con el objetivo, de tal manera que a través de diferentes referencias, incluidas la actualización del PGIRS a nivel local, datos estadísticos de investigaciones previas y e informes de la alcaldía, se pudo establecer la dinámica actual de accionamiento en materia de administración correspondiente al tratamiento y disposición final de los desechos sólidos urbanos.

En el municipio de La Unión Nariño, se presentan actividades productivas de comercio y servicios como principales fuentes del sustento económico; la producción de café y otros cultivos como banano, plátano, tomate de árbol, tomate de carne, naranja, granadilla, lulo y caña de azúcar, forman parte de los principales ingresos del municipio, así como también las pequeñas industrias textiles, siendo toda esta producción y comercio el origen de la generación de residuos.

- **Caracterización física de los residuos sólidos urbanos generados.**

El trabajo en campo para la caracterización se llevó a cabo por etapas. En la Figura 2 se presenta un diagrama que comprende el proceso desarrollado.



**Figura 2.** *Diagrama de flujo de trabajo de campo*

**Fuente:** *Elaboración propia, 2022*

Las técnicas utilizadas en la caracterización se presentan como sigue:

### ***Técnica de análisis de pesaje total***

También llamado análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas del total de residuos que llegan a los lugares de tratamiento o disposición final en un periodo determinado. La tasa de generación por unidad se determinó utilizando datos de campo (Gallardo, 2009). De esta manera se pesó la totalidad de los residuos que llegaron a las instalaciones de tratamiento.

### ***Técnica de análisis peso-volumen***

La técnica de análisis peso-volumen es ampliamente utilizada en la recepción directa de residuos de construcción y demolición en plantas de tratamiento (Gallardo, 2009). Se estimó el peso y volumen de las cargas que llegaron a las instalaciones de tratamiento del municipio. Así, se determinaron las densidades suelta y compactada, respectivamente. En base al volumen de carga de los camiones se logró conocer el peso y, en base a la densidad, se pudo establecer el tipo del material contenido en los camiones de carga. Para obtener el peso volumétrico de los residuos según el método de análisis peso-volumen, se utilizó un contenedor con capacidad de 1 m<sup>3</sup> (1.000L) y una balanza plataforma de 500kg. Los valores netos se obtuvieron a través de la Ecuación 1.

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ Ecuación 1}$$

Donde,

*P*: densidad, Kg/m<sup>3</sup>

*m*: peso de residuo, Kg

*v*: volumen del contenedor, m<sup>3</sup>

Adicionalmente, se obtuvo la producción per cápita mediante la Ecuación 2. Este cálculo permitió determinar la cantidad de residuos por día generados por cada habitante y el nivel de complejidad del municipio según el RAS (2000) (Tabla 2). La ecuación empleada se presenta como sigue:

$$PPC = \frac{Pw}{Np} \text{ Ecuación 2}$$

Donde,

*PPC*: producción per cápita, kg/persona\*día

*Pw*: peso total diario de residuos recolector por el camión, kg/día

*Np*: Número de personas

**Tabla 2.** Valores típicos de PPC (Kg/[Habitante\*día]) para municipios colombianos

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0.30	0.75	0.45
Medio	0.30	0.95	0.45
Medio alto	0.30	1.00	0.53
Alto	0.44	1.10	0.79

Fuente: RAS, 2000

### ***Técnica de cuarteo***

Para la caracterización física de los residuos sólidos se aplicó la técnica de cuarteo, se trabajó con la metodología según Alayón (2020), modificada para este estudio, que consiste en la separación de los desechos en cuatro partes iguales que resultan de la división de una circunferencia dibujada en el suelo, como se presenta a continuación:

- a) Se tomó una muestra de residuos del sitio de almacenamiento de la zona urbana del municipio y se depositó directamente en el suelo, en un espacio pavimentado.
- b) Se creó un círculo de aproximadamente 1,5m de radio y se subdividió en cuatro cuadrantes de igual tamaño (cuadrantes I, II, III y IV).
- c) Se tomaron 20 bolsas plásticas en las cuales se depositaron residuos sólidos hasta alcanzar un peso aproximado de 50kg cada una. Posteriormente, se vertieron encima del círculo y se homogeneizó el volumen en cada cuadrante.
- d) Se seleccionaron dos cuadrantes opuestos (I y III - Ver Figura 3) en los que se separaron los residuos sólidos por tipo de material (vidrio, plástico, papel, cartón, textil, aluminio, entre otros). El material putrescible como papel higiénico, restos de comida, servilletas, papel contaminado y demás, se recolectó por separado.
- e) Una vez separados los residuos, se compararon los resultados de la suma de los cuadrantes seleccionados (I y III), para determinar su semejanza en composición. Aquí fue fundamental establecer que, si la sumatorias los dos cuadrantes seleccionados daban una diferencia máxima de 2kg significaba una buena homogenización de residuos por lo que se procede al cálculo del promedio de los dos cuadrantes trabajados. Si por el contrario la composición de los dos cuadrantes resultaba mayor a 2kg, se debía sacar a un lado el cuadrante II y repetir el proceso de pesaje.
- f) Con los valores obtenidos de cada cuadrante se determinó el promedio en peso y el porcentaje. Para el cálculo del porcentaje se empleó la Ecuación 3.

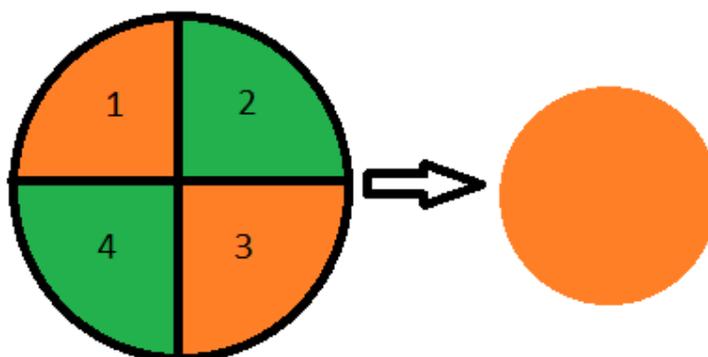
$$\%i = \frac{W_i}{W_t} * 100 \text{ Ecuación 3}$$

Donde,

$W_t$ : peso total de los residuos sólidos aforados, kg

$W_i$ : peso de residuos según su tipo, kg

$\%i$ : porcentaje en peso de cada fracción de residuos sólidos en la muestra



**Figura 3. Método de cuarteo**  
**Fuente:** *Elaboración propia (2022).*

- **Valoración del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables.**

El análisis documental, método que se refiere al conjunto de operaciones destinadas a representar el contenido y la forma de un documento para facilitar su consulta o recuperación, o incluso para generar un producto que sirva de sustituto (Corral, 2015), permitió desarrollar un levantamiento de información sobre los tipos de aprovechamiento de los residuos sólidos que actualmente se generan en el municipio. La validez y confiabilidad de la medición de la variable depende de las decisiones que se tomen para operacionalizar y lograr la adecuada comprensión del concepto evitando imprecisiones y ambigüedad, en caso contrario, la variable corre el riesgo inherente de ser invalidada debido a que no produce información confiable (Carballo y Guelmes, 2016).

Para la valoración del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables se determinó:

**Muestra:** Se seleccionó una cantidad de 100 kg de residuos sólidos para realizar la cuantificación y caracterización de estos, extrayéndose directamente desde el camión de aseo de la empresa EMLAUNION

**Población:** Integrada por la cantidad total de los residuos recolectados durante seis días generados por el número de habitantes de la zona urbana (11.750) del municipio (Alcaldía municipal, 2019). Esta población está residenciada en la ruta establecida por el camión de aseo, el cual lleva a cabo la recolección de los residuos sólidos que se extrajeron para el desarrollo del trabajo de campo.

### **3.4 Priorización de problemas**

En base a la información recopilada y al trabajo investigativo llevado a cabo, se logró determinar de manera concisa, a través de una matriz de priorización de problemas, el nivel de importancia que tiene cada uno de ellos a partir de criterios subjetivos desarrollados por medio de la observación directa y la aplicación del método deductivo. Así mismo, se estimó que el nivel de importancia de estos problemas permite la búsqueda de soluciones idóneas que se ajusten a la realidad suscitada, teniendo en cuenta el cumplimiento del objetivo general sobre evaluación del potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos en el municipio de La Unión (N).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diagnóstico del estado actual del servicio de recolección y manejo de residuos sólidos en el municipio.

La principal fuente de economía de La Unión es el comercio y la agricultura, especialmente el cultivo de café siendo el primer productor del país de café de tipo especial, es decir, aquel café del sur del país al que su calidad ha sido reconocida como de las mejores a nivel nacional e internacional (Lagos *et al.*, 2019) debido a los procesos de preparación o sostenibilidad en su producción (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2022). Se presentan diversas tipologías de asocio del café: con sombra leñosa, semi-sombra, café-plátano y café sin sombra, encontrando diferentes dinámicas de manejo, calidad y rendimiento (Ordoñez *et al.*, 2018). Las variedades representativas son Colombia y Castillo (variedad regional) y en menor proporción Caturra y Borbón (Ordoñez *et al.*, 2018; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2012).

Otros cultivos que se desarrollan son el banano (*Musa spp*), el plátano (*Musa x paradisiaca*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), tomate de carne (*Lycopersicon esculentum*), naranja (*Citrus sinensis*), granadilla (*Passiflora ligularis*), lulo (*Solanum quitoense*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (PGIRS La Unión Nariño, 2019; InfoAgro, 2022).

- **Situación actual de la generación de residuos sólidos**

El municipio expone una amplia variedad de establecimientos residenciales, comerciales (alimentos, textil, cerrajería), de servicios e institucionales (hospital, colegios, escuelas) en su casco urbano. Debido al flujo de actividades en el ciclo económico de estos sectores y, considerando la magnitud poblacional de la zona urbana (11.750 habitantes), la generación de residuos sólidos es inevitable y, además, significativa (Alcaldía municipal, 2019; 2020). Como lo indica la tabla 3. los residuos que más se generan en el municipio son: restos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, vidrios, madera y metales.

**Tabla 3.** Compendio general de establecimientos comerciales e institucionales en el municipio La Unión, Nariño y tipos de residuos generados

Clasificación	Agentes generadores	Número	Tipos de residuos
Doméstico	Viviendas (apartamentos, residencias, casas aisladas, etc.)	2.414 viviendas	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, vidrios, metales, electrodomésticos, baterías, aceites, pañales, entre otros.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficina, hoteles, moteles, imprentas, estaciones de servicios, talleres mecánicos, laboratorios, pequeñas industrias y centros	El municipio cuenta con cerca de 200 pequeñas industrias de confección, calzado, ebanistería, metalmecánica y comercio general	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos orgánicos, vidrio, metales, residuos peligrosos.

	comerciales en general.		
	Escuelas Cárceles	36 escuelas (Se ubican cinco en el casco urbano y 31 en zona rural)	
	Colegios	Cinco instituciones educativas (Tres públicas y dos privadas).	
	Técnicos	Cinco institutos de capacitación técnica	
Institucional		Dos hospitales:	
		Hospital nivel dos, Eduardo Santos, presta servicio a 13 municipios vecinos.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos orgánicos, vidrio, metales, residuos peligrosos.
	Hospitales	Hospital nivel uno, ESE Luis Acosta atiende a población pobre y vulnerable del municipio.	
		Seis centros de atención médica de tipo privado.	

**Fuente:** *Alcaldía municipal, 2019;2022.  
Elaboración propia, 2022*

Actualmente, existen planes de gestión de residuos sólidos que han sido elaborados con el objetivo de aminorar la problemática en el área, sin embargo, el municipio no cuenta con un aprovechamiento efectivo de los mismos. No obstante, dentro del municipio existen recicladores de oficio dedicados a esta actividad que forma parte de las estrategias de aprovechamiento, teniendo como puntos de recolección los establecimientos comerciales, las instituciones educativas y algunas viviendas del sector urbano (PGIRS de La Unión (N), 2020).

- **Recolección de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de la Unión**

EMLAUNIÓN (2020) es la empresa encargada de la recolección y disposición final de los residuos sólidos generados. Cuenta con más de 28 años de experiencia en la gestión no sólo del manejo y tratamiento de residuos sino también en el manejo integral del agua y vertimientos buscando el bienestar de la comunidad de La Unión, Nariño.

Para la prestación del servicio público de aseo, el municipio cuenta con un carro compactador manejado por un operador que realiza el respectivo recorrido en el casco urbano siguiendo una ruta y horario específico. Adicionalmente, cuenta con tres operarios que acompañan el vehículo y cuatro operarios que se encargan del barrido de las calles en el casco urbano. Se emplean herramientas de trabajo como escoba, palendra, estopas y recogedor. Todo en buen estado, estos implementos no requieren de mantenimiento por lo que en caso de daño se

procede al reemplazo con una herramienta nueva (PGIRS La Unión Nariño, 2019, 2016; 2019). En la Tabla 4 se presentan las diferentes rutas de recorrido que se llevan a cabo en la zona de estudio.

**Tabla 4.** *Rutas de recorrido para recolección de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de La Unión, Nariño*

<b>Día</b>	<b>Ruta</b>
<b>Lunes</b>	1.- Galería, B Niño Dios, Clínica Fátima, y Bomba Cooperativa 2.-Elvio, B. palmita, B. prado hasta semáforo cruce Carlos Lleras 3.- B. Inmaculada, EDS la Cabaña, Cerrito, Coop. Para abajo B. Villa Catalina
<b>Martes</b>	1.- Galería; B. Valencia, San Antonio, Calle nueva, Semáforos P. cuevas Leiva, B. La Paz en contravía, Chapinero, sitios Críticos, hasta I.E. Juanambú. 2.- B. Eduardo Santos, cuerva del Zorro, empresa EMLAUNION, B. Villa mercedes, limón Sucre Los Pinos, hasta el conjunto San Rafael.
<b>Miércoles</b>	1.-Galería, B. 4 de junio, Pascuita, estadio, La Capilla, hasta Las Cabuyas 2.- B. San francisco, Normal San Carlos, B. Obrero, matadero (cabezas). 3.- Av. Cementerio, hasta finca los presos y Barrio San Fernando, el refugio
<b>Jueves</b>	1.- Galería, sitios críticos, B. Niño Dios, Clínica Fátima y Semáforo Cruce Carlos Ll.
<b>Viernes</b>	1.- Semáforo Carlos Llera cruce, Parque sitios críticos, Galería y Matadero
<b>Sábado</b>	1.- Semáforo, sitios Críticos y galería

**Fuente:** *Evaluación Actualización PGIRS La Unión Nariño, 2019 (2016). Actualización, 2022*

Los residuos son recogidos en bolsas plásticas y canecas reutilizables en cada vivienda de la comunidad, y son dejados en las calles por donde circula el vehículo recolector (PGIRS La Unión Nariño, 2016;2019). Se efectúan distintas rutas diarias por seis días a la semana (de lunes a sábado) teniendo como punto final el sitio de disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario PTAA de Pasto.

Según el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) del municipio, hasta el año 2019, los residuos recolectados eran depositados en un relleno sanitario ubicado en la vereda Llano Grande. Actualmente, dado que este relleno se encuentra en proceso de adecuación, los desechos son trasladados hasta la ciudad de Pasto, Nariño, al Parque Tecnológico Ambiental Antanas (PTAA). El PTAA hace parte de la empresa metropolitana de aseo EMAS PASTO S.A ESP, cuenta con una extensión de 100 hectáreas de las cuales 27 son destinadas para disposición final de desechos mientras que las 73 hectáreas restantes se encuentran habilitadas para aislamiento, reforestación, compensación y conservación (Veolia, 2022). La cantidad de residuos sólidos recolectados en el municipio de La Unión y que son posteriormente depositados en el relleno, en promedio, es de 189 ton/mes para los meses de febrero – noviembre. Para los meses de diciembre a enero esto se incrementa en un 30% debido a las actividades de fin y comienzo de año (PGIRS La Unión Nariño, 2019, 2016;2019).

Como se mencionó anteriormente, debido a las actividades económicas desarrolladas en el municipio, la generación significativa de residuos sólidos es inevitable. Esto, sumado a la falta de continuidad en los proyectos de gestión integral de residuos, así como de estrategias de tratamiento y aprovechamiento y, especialmente, la falta de educación son factores fundamentales que permiten precisar una alta falencia técnico – operativa al respecto ambiental (PGIRS La Unión Nariño, 2019) por lo que se origina la necesidad de la ejecución de procesos con enfoque hacia el control, manejo, reducción y/o mitigación de producción de residuos.

Para conocer de manera precisa las falencias o mejorías presentadas en el transcurso de los últimos años en la Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio, se elaboró una proyección correspondiente a la generación de estos por kg/día, kg/mes, ton/día, ton/mes y ton/año (Tabla 5), cuyos valores son comparables con los hallados en el municipio de Sandoná, el cual comprende una generación de 80 ton/mes, tomando en cuenta que su población es de 18.859 personas (CORPONARIÑO, 2015), es decir 9.800 habitantes menos que los pertenecientes a La Unión, lo que resulta en una diferencia de más de 116,6 ton/residuos generados en el año 2021 en esta misma entidad.

De esta manera, se precisan las falencias notables en lo que respecta a la gestión y aprovechamiento de los RSU que actualmente se presentan como una problemática derivada de la administración pública municipal.

**Tabla 5. Proyección de la generación de residuos sólidos en La Unión, Nariño**

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Kg/día</b>	<b>Kg/mes</b>	<b>Ton/día</b>	<b>Ton/año</b>	<b>Ton/mes</b>
2016	13199	6995.29	209858.80	7.00	2.553	212.8
2017	12994	6886.82	206604.60	6.89	2.513	209.5
2018	12791	6779.23	203376.90	6.78	2.474	206.2
2019	12590	6672.70	200181.00	6.67	2.435	203.0
2020	12390	6566.88	197006.30	6.57	2.396	199.7
2021	12192	6461.94	193858.10	6.46	2.358	196.6
<b>2022</b>	<b>11996</b>	<b>6358.06</b>	<b>190741.70</b>	<b>6.36</b>	<b>2.320</b>	<b>193.4</b>
2023	11802	6254.88	187646.50	6.25	2.283	190.3
2024	11609	6152.77	184583.10	6.15	2.245	187.1
2025	11417	6051.01	181530.30	6.05	2.208	184.1
2026	11227	5950.31	178509.30	5.95	2.171	181.0
2027	11039	5850.49	175514.80	5.85	2.135	178.0
2028	10852	5751.38	172541.50	5.75	2.099	174.9
2029	10666	5653.16	169594.70	5.65	2.063	172.0
2030	10482	5555.46	166663.80	5.56	2.027	169.0

**Fuente:** Adaptado del PGIRS Municipio de La Unión (N), 2016.  
Elaboración propia (2022).

Se tiene que entre los años 2016 y 2019, la generación de residuos se mantuvo por encima de las 200 toneladas por mes, no obstante, se observó un descenso paulatino de esta cifra en ese mismo periodo de tiempo. A partir del año 2020 se observa una progresiva disminución en la producción de residuos sólidos pasando de 199,7 ton/mes a 193,4 ton/mes en 2022.

Cabe mencionar que los años 2020, 2021 y 2022 marcaron un precedente importante para la sociedad en general dada la emergencia sanitaria por COVID-19. A partir de marzo de 2020 y hasta comienzos del 2022, el mundo tuvo que acogerse a una serie de estrictas normas de bioseguridad comenzando por confinamiento total, seguido del escalonado para el regreso progresivo a la nueva normalidad. En este periodo de tiempo y debido a la situación mencionada hubo un descenso de las actividades comerciales de los diferentes sectores económicos, productivos y sociales que pudo haber influido en el descenso de la generación de desperdicios.

En base a lo anterior, la proyección de generación de residuos que comprende del año 2023 al 2030 tiene como base los cálculos previos hasta el 2022 los cuales se obtuvieron considerando cifras reales hasta este año. De acuerdo con los resultados obtenidos se observa un decremento de producción de desechos llegando a 169, ton/mes para el año 2030. Este descenso proyectado desde el PGIRS (2016), toma en consideración la puesta en marcha de la mejora continua en lo concerniente a la gestión integral y de aprovechamiento de los desperdicios producidos.

- **Comparación de las características poblacionales, productivas y del sistema de servicio de aseo entre municipios**

Las falencias que se han ido identificando en cuanto al manejo del sistema de aseo, recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos no solo son evidentes en el municipio de La Unión, sino que también sucede en municipios como La Cruz y San José de Albán, los cuales son aledaños a la zona de estudio y cuentan con características poblacionales, sociales, económicas y comerciales similares entre sí.

Otros procesos como los reportados en el municipio de La Cruz, evidencia un nulo proceso para la disposición final de residuos sólidos por lo que éstos también deben ser trasladados hasta el relleno sanitario del PTAA. Su plan de gestión integral de residuos requiere mayor continuidad en su implementación y mayor fortalecimiento en estrategias de aprovechamiento, pues, en el plan de desarrollo municipal, el reciclaje y transformación de desechos se establece como un “emprendimiento” y no como una estrategia principal (Alcaldía de la Cruz, 2020).

Por su parte, el municipio de San José de Albán, de acuerdo con el diagnóstico ambiental (2016), hasta el 2003 no contaba con un sitio propio para disposición final de residuos sólidos, antes de esta fecha, los residuos generados se depositaban sin un respectivo control en la ribera del río El Salado. “Para dar solución a esta problemática, la administración municipal implementó el proyecto Mitigación del Impacto Ambiental producido por los residuos sólidos en el Municipio de Albán con el que se pretendía transformar en abono orgánico el 70% de los residuos sólidos, reciclar el 20% de los residuos (cartón, vidrio, plástico, metales) y el 10% restante que se considera no tiene uso económico, disponerlo en un micro-relleno sanitario construido de acuerdo con las normas sanitario-ambientales” (Alcaldía de Albán, 2016). Pese a que se inició dicho proyecto, lo cierto es que los resultados no fueron óptimos debido al inapropiado funcionamiento del relleno en términos técnicos y operativos (Alcaldía de San José, 2016). En la actualidad, los desperdicios producidos en este municipio también son transportados hasta el relleno PTAA en la ciudad de Pasto.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente una gran falencia en la gestión integral de los RSU de estos municipios, que se podría presentar como una problemática derivada de la inadecuada administración pública municipal enfocada en la falta de inversión tecnológica y de proyectos de aprovechamiento de residuos, asimismo, la falta de programas de capacitación y educación ambiental en manejo de estos y dirigidos a las diferentes instituciones públicas y privadas y a la comunidad en general. Esta es una falencia reflejada a nivel nacional pues es cierto que desde el gobierno se requiere de mayor apoyo e inversión en el área económica, de salud pública y el ambiente para los municipios. Además, se requiere el fortalecimiento en las administraciones públicas que permitan desarrollar una mejor dirección de los recursos de cada municipio.

La gestión y aprovechamiento de los RSU que actualmente se presentan como una problemática posiblemente derivada de la administración pública municipal en La Unión, la cual se puede comparar con la realizada por la empresa EMAS Pasto, misma que cuenta con cuatro vehículos recolectores que se encargan de realizar dos recorridos diarios, ya que Pasto cuenta con una población (386.598 hab) consideradamente mayor que la del municipio de La Unión en donde cuyo recorrido se realiza una vez cada día. No obstante, la efectividad de esta empresa no radica en el número de recorridos sino en la capacidad para gestionar correctamente un promedio de 8 Toneladas diarias, que al mes resultan en 300 Toneladas aproximadamente, cantidad que casi duplica a la generada en el municipio. En la Figura 4 se muestra parte de un informe real emitido por EMAS Pasto, donde se precisa la gestión llevada a cabo.



### SERVICIO DE RECOLECCIÓN.

**El servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos durante el mes de mayo de 2022, se prestó de lunes a sábado con vehículos de 16 yardas de acuerdo al convenio. Al momento de la prestación del servicio se dejan bien barridos los depósitos y ecozonas. En el siguiente cuadro se muestra cada una de las rutas con sus principales barrios.**

DIA	RUTA	HORA INICIO	BARRIOS
Lunes	Ruta 1	7:00 am	Parque Cuevas Leiva, Alcaldía, San Antonio (palacio de justicia), Calle Nueva, Carrera 1, Plaza de Mercado, Parque Sucre, Cooperativa, La Policía, hasta el semáforo.
	Ruta 2	7:00 am	Esquina calle 20, La Inmaculada, Villa Catalina, La fuente, La Betulia, hasta tienda los Jaramillos.
Martes	Ruta 1	7:00 am	Merca 7, San Carlos, San Francisco, Argelia, obrero, Chapinero y La Paz.
	Ruta 2	7:00 am	Carlos Lieras desde la bomba, Eduardo Santos, Villa Mercedes, Ciudad Jardín
Miércoles	Ruta 1	7:00 am	Parque Cuevas Leiva, Alcaldía, San Antonio parte Baja, Calle Nueva, Carrera 1, Plaza de Mercado, Parque Sucre, Cooperativa, la policía, San Fernando, vía al cementerio.
	Ruta 2	7:00 am	Meca 7, Panamericano, La Victoria, Matadero, Americas, Hospital Eduardo Santos, Refugio.
Jueves	Ruta 1	7:00 am	Barrio San Carlos, San Francisco, Los Pinos, Prado, Briceño, San Rafael, Sucre, El terminal, Porvenir o Limón.
Viernes	Ruta 1	7:00 am	Parque Cuevas Leiva, Alcaldía, San Antonio (palacio de justicia), Calle Nueva, Carrera 1, Plaza de Mercado, Parque Sucre, Cooperativa, la policía.
	Ruta 2	7:00 am	Barrio 4 de Junio, Estadio, Pascuita, Capilla, Polinal, Valencia.
Sábado	Ruta 1	10:00 am	Plaza de Mercado, Punto crítico Matadero, Punto crítico el Semáforo, Puntos críticos Eduardo Santos.

**Figura 4.** Lugares y horarios de recorrido de EMAS Pasto (2022).

**Fuente:** EMAS, 2019

Dentro del diagnóstico realizado se indagó acerca de la prestación del servicio de aseo, corroborándose mediante el PGIRS que el camión recolector en La Unión realiza un recorrido al día, efectuando distintas rutas durante cada día de la semana por seis días al igual que lo realiza EMAS, de esta manera cumple un recorrido de lunes a sábado por el sector urbano, teniendo como punto final el sitio de disposición final de residuos sólidos en Pasto.

En base a la información recopilada y a partir de criterios subjetivos que parten de la observación directa y la aplicación del método deductivo, se obtuvo la matriz de priorización de problemas presentada en la Tabla 6.

**Tabla 6. Matriz de priorización de problemas**

Problema	Magnitud	Gravedad	Capacidad	Beneficio
<b>Problema 1.</b> Generación de R.S. inversamente proporcional al potencial actual de aprovechamiento de estos.	100%	Medianamente grave	Baja	Alto
<b>Problema 2.</b> Manejo inadecuado de los R.S.	41%	Muy Grave	Mediana	Alto
<b>Problema 3.</b> Ineficiencia administrativa en la promoción de actividades de aprovechamiento	41%	Grave	Mediana	Alto

Dónde: **Magnitud:** Cantidad de personas afectadas según la población total inmersa en la problemática. **Gravedad:** Intensidad del daño causado por la problemática presentada. **Capacidad:** Nivel de dar solvencia al problema. **Beneficio:** Nivel de utilidad de las soluciones propuestas para la mitigación del problema.

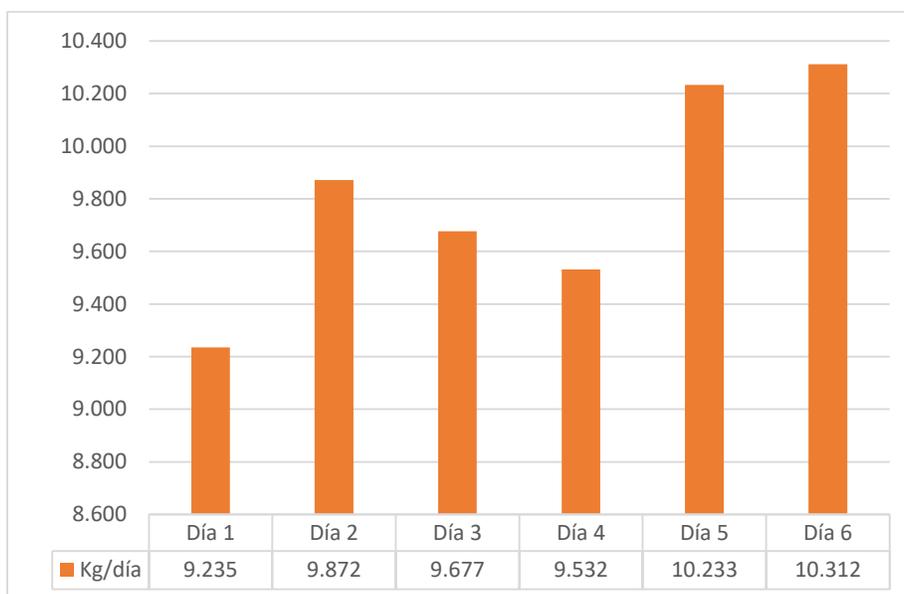
**Fuente:** *Elaboración propia (2022).*

Teniendo en cuenta que el municipio de La Unión – Nariño contaba con una población de 28.659 habitantes en la totalidad del área geopolítica para el año 2018 y una población de 11.750 habitantes en el área urbana (Alcaldía municipal, 2019), se estima que esta población representa el 41% de la totalidad que habita en el municipio, además de ser la zona con mayor afectación en relación con la problemática de los residuos. La mayor dificultad que enfrenta el municipio se refiere a la generación de residuos sólidos y la falta de tratamiento y aprovechamiento de estos, situación que afecta al 100% de la población y que se debe a la ausencia de planes y programas de: educación ambiental, gestión integral de residuos, inversión en proyectos ambientales y de aprovechamiento, instituciones de control ambiental, adecuada administración municipal. Para abordar la problemática presentada, se han propuesto algunas alternativas y estrategias en las que se profundiza en apartados posteriores.

Es relevante mencionar que, según la matriz, la localidad presenta de baja a mediana capacidad de resolución de los problemas ambientales encontrados, sin embargo, el nivel de utilidad de las alternativas que se proponen en este estudio y que se profundizarán en los próximos apartados es alto para la comunidad, por lo que su aplicación se torna imperativa toda vez que se busque el mejoramiento del bienestar comunitario.

#### **4.2 Caracterización de residuos sólidos generados**

Mediante la metodología de la técnica de cuarteo sugerida por Alayón (2020) y adaptada para este estudio, se cuantificó la composición de residuos sólidos generados en la zona de estudio, los cuales fueron recolectados diariamente durante seis días, periodo comprendido entre el lunes 21 al sábado 26 de marzo de 2022. Los registros obtenidos se presentan en la Figura 5.



**Figura 5.** Cantidad de residuos sólidos (kg) recolectados por el camión de aseo.

**Fuente:** Elaboración propia (2022).

La cantidad de residuos sólidos generados varía notablemente siendo el sábado donde más volumen se presenta. Se puede deducir que se presenta alto volumen en este día dado que en fin de semana se presenta mayor fluido comercial en el municipio, situación que explica el incremento en la generación de residuos.

Para la determinación de la muestra de residuos sólidos requerida para este trabajo, se requirió del apoyo del personal perteneciente al equipo de servicio de aseo conformado por tres operadores y el conductor. Así, se extrajo directamente del camión 100kg de residuos sin previa selección. A partir de esta, se calculó la densidad y la producción per cápita como sigue:

La densidad de la muestra se obtuvo aplicando la Ecuación 1:

$$\rho = \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 100 \text{ kg/m}^3$$

La producción per cápita se obtuvo haciendo uso de la Ecuación 2:

$$PPC = \frac{9.905 \text{ kg/hab} * \text{día}}{11,750 \text{ hab/día}}$$

$$PPC = 0,8 \text{ kg/hab} * \text{día}$$

De acuerdo con la producción per cápita, 0,8 kg/hab\*día, el municipio presenta un nivel de complejidad medio confirmando así la deficiencia en el sistema de servicio de aseo de La Unión.

De los 100kg de muestra, se retiraron 37,7kg correspondientes a escombros. Estos no fueron considerados para el proceso de caracterización mediante cuarteo, obteniendo una muestra

final de 60,44kg de residuos. A partir de esta muestra final se procedió a la aplicación del método del cuarteo y se pesó cada fracción de muestra (Figuras 6 y 7).



**Figura 6.** Pesaje de residuos obtenidos mediante técnica de cuarteo



**Figura 7.** Pesaje de residuos obtenidos después del cuarteo

**Fuente:** propia, 2022

La materia orgánica es el residuo que más se genera en el municipio de La Unión y corresponde al 44,5% de la muestra total. En segundo lugar, el residuo que más se genera es el metal con un 13,4%, seguido del plástico con un 10,5% y el papel con un 10%. En adelante, los residuos presentan un bajo porcentaje en términos de peso. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Peso de cada cuartil y porcentaje en peso de cada tipo de residuo sólido encontrado

Componente	Cuartil 1 (kg)	Cuartil 2 (kg)	Cuartil 3 (kg)	Cuartil 4 (kg)	Porcentaje en peso (%)
Materia Orgánica	7,09	6,80	6,93	6,89	44,5%
Plástico	1,89	1,80	1,15	1,75	10,5%
Papel	1,22	1,41	1,76	1,69	10%
Cartón	1,62	0,80	1,23	0,77	7,1%
Vidrio	1,48	1,01	1,87	0,98	8,6%
Textil	0,82	1,08	0,33	1,59	6%
Metal	2,11	1,90	2,91	1,40	13,4%
<b>TOTAL</b>	<b>16,23</b>	<b>14,8</b>	<b>16,18</b>	<b>15,07</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia (2022).

La alta presencia de materia orgánica y de materiales como plástico, cartón y metal puede estar relacionada con el desarrollo urbano y de la sociedad moderna en la que se realizan actividades en diferentes ámbitos de tipo comercial e industrial, donde no existe una conciencia ciudadana que permita comprender la presión ejercida sobre el entorno y el ambiente. El avance económico y comercial a su vez podría estar ligado a un mayor consumismo por parte de la población causando el incremento en la producción de residuos

que, sumado a la inadecuada gestión de estos, termina por ocasionar graves problemas ambientales y de salud humana (Colomina, 2005; Solorio, 2018).

En el caso de los residuos que contienen materia orgánica, una forma particular de reciclaje es la del compostaje para la obtención de abono orgánico (André y Cerdá, 2006; Galvis, 2016). Considerando que una de las principales actividades económicas del municipio está basada en la producción de cultivos agrícolas, la idea de fabricar abono orgánico que puede ser empleado para el mismo municipio altamente interesante.

- **Composición física de los residuos sólidos**

Según la composición física de los residuos sólidos se trabajó con los cuartiles I y III, en ambos casos, lo que más predomina es la presencia de materia orgánica con un promedio de 43,6%. La Tabla 8 contiene los resultados obtenidos.

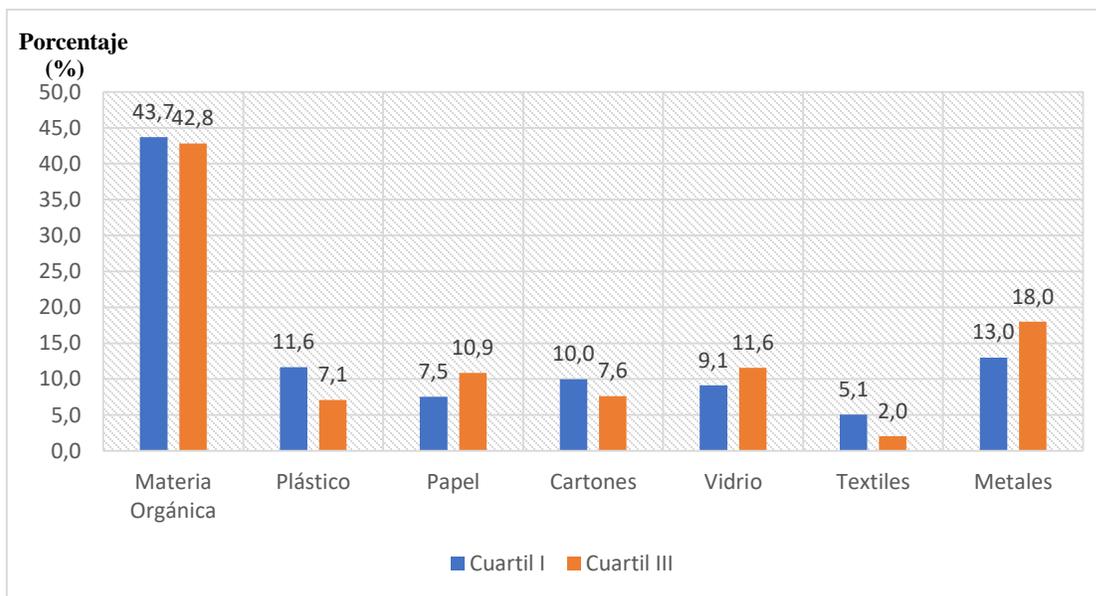
**Tabla 8.** *Composición física de los residuos sólidos reciclables*

Grupo	Cuartil I (kg)	Cuartil III (kg)	Promedio (kg)	Porcentaje (%)	Tipo de material	Descripción
Materia Orgánica	7,09	6,93	7,01	43,6	Cáscaras, huesos, semillas.	Restos de comida cocida, vegetales, gusanos e insectos.
Plástico	1,89	1,15	1,52	9,37	PET; Polietileno de alta densidad; Policloruro de vinilo; Polietileno de baja densidad.	Botellas para gaseosas y agua, botellas para productos de higiene, bolsas plásticas de diferentes tamaños, restos de tubos, pañales y tapabocas de polipropileno.
Papel	1,22	1,76	1,49	9,1	Periódicos, hojas blancas, cartulinas y papel higiénico.	Diferentes tipos de papeles, como desechos de oficinas, hojas de cuadernos, etc.
Cartones	1,62	1,23	1,42	8,8	Cajas enteras, retazos de cajas.	Cajas para huevos, cajas para productos tecnológicos y cajas para comida.
Vidrio	1,48	1,87	1,67	10,4	Blanco, azul, verde, rojo, etc.	Botellas de vidrio de variados colores, vidrio para adornos, vasos de vidrio.
Textiles	0,82	0,33	0,58	3,6	Telas y cuero	Prendas de vestir, sábanas,

						cobertores, retazos de telas, retazos de cuero, tapabocas de tela, almohadas.
Metales	2,11	2,91	2,51	15,5	Hierro, aluminio.	Latas, láminas de papel de aluminio, cubiertos, cucharas, envases, entre otros.
<b>TOTAL</b>	<b>16,23</b>	<b>16,18</b>	<b>16,2</b>	<b>100%</b>		

**Fuente:** *Elaboración propia (2022).*

En el cuartil I, después de materia orgánica (43,7%), el residuo que más se evidencia es el metal (13%) seguido de plástico (11,6%) y cartón (10%). Respecto al cuartil III después de la materia orgánica (42,8%) los residuos que más prevalecen son el metal (18%), el vidrio (11,6%) y papel (10,9%). El contraste entre los valores obtenidos en cada cuartil, se tiene que en ambos casos después de la materia orgánica, el residuo con mayor presencia es el metal. La Figura 8 permite realizar un contraste entre los valores obtenidos en cada cuartil, además de brindar una mejor visualización y comprensión de los resultados obtenidos.



**Figura 8.** *Porcentaje de residuos sólidos encontrados en el cuartil I y III*

**Fuente:** *Elaboración propia (2022)*

Considerando estos resultados, las estrategias claves para el aprovechamiento de residuos sólidos es el reúso y el reciclaje. Si bien es cierto que anteriormente se ha mencionado el beneficio de estas estrategias en cuanto al tratamiento de la materia orgánica, el plástico, papel y cartón, también es cierto que poco se ha hablado de los grandes beneficios del reciclaje de un material como el metal (Segundo residuo más encontrado).

El reciclaje de los metales en los últimos años ha sido clave en la revolución a nivel mundial pues esta práctica contribuye significativamente en la disminución de la presión y contaminación ambiental. Obtener aluminio reciclado reduce hasta un 95% la contaminación del aire, ahorra aproximadamente un 95% de agua y un 95% de energía consumida en su elaboración y, en ese sentido, favorece la menor utilización de energía eléctrica en comparación con el procesado a partir de materia prima (Rojas *et al.*, 2011). El metal es un material que se emplea en todo tipo de utensilios y gran variedad de artículos para uso personal, el hogar y/o el trabajo. Una de las grandes ventajas de este tipo de material en comparación a otros como papel o cartón es que el primero es capaz de sufrir ilimitadamente el proceso de transformación por lo que la reducción del impacto ambiental que se genera en la extracción de materias primas es significativamente alta (Rojas *et al.*, 2011).

Otro residuo de alto impacto, pero poco manejado es el vidrio. El reciclaje de vidrio es un proceso que permite la disminución de contaminación del aire hasta del 20% dado que se disminuye el uso de combustible empleado para la fabricación de nuevos envases y, además, se reduce la producción de gases en la fundición. En términos de energía, el vidrio reciclado requiere 26% menos que la energía requerida para su fabricación partiendo de la materia prima. Una gran ventaja del reciclaje de este material es que se puede emplear el 100% del mismo (Arce *et al.*, 2020).

#### 4.3 Potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables

El municipio de La Unión cuenta con un desarrollo económico y comercial amplio y dinámico, con una generación sustancial de residuos sólidos reciclables. Este desarrollo podría ser potencializado a través del máximo aprovechamiento de dichos, mediante la extracción, selección y transformación, lo que permitiría disminuir los impactos negativos en la salud, el entorno y el ambiente, permitiendo ser una fuente generadora de empleo y, además, incentivar una cultura de consciencia enfocada hacia el control y manejo integral de residuos (Baquero, 2018; Cotrina *et al.*, 2020).

En Colombia existe una amplia cantidad de empresas a pequeña y gran escala que se encargan de los procesos de reciclaje y transformación, principalmente de plásticos, papel y cartón. Dichos materiales reciclables son comprados directamente a los recicladores de oficio y pequeñas asociaciones, estas empresas manejan unos precios estándar a nivel nacional (Tabla 9), favoreciendo a numerosas familias que realizan el oficio del reciclaje a nivel local, regional y nacional (Acoplásticos, 2022).

**Tabla 9.** Precios promedio de comercialización de materiales por presentación a nivel nacional (\$/kg) 2022.

Categoría Material	Subcategoría Material	Presentación	Promedio Nacional (\$/kg)
MO	Abono orgánico	Granulado	660
Papel y Cartón	Cartón	Suelto	388
		Compactado	464
	Plegadiza	Suelto	194

		Compactado	285
	Archivo	Blanco	1,121
		Mezclado (revistas, otros)	975
	Periódico	Suelto /Compactado	486
	Tetrapak	Suelto/Compactado	217
Vidrio	Vidrio	Entero (Botella entera)	147
		Separado por colores y destruido	158
Plástico	PET Rígido Plástico flexible	Polietileno flexible transparente post industrial	1,658
		Polietileno policolor	1,355
		Polietileno transparente	1,081
		Mezcla de plásticos flexibles	1,331
		Flexibles metalizados	649
	Poliestireno expandido		325
Desechables (vasos, platos, cubiertos, otros)		639	
Metales	Chatarra		1,036
	Lata –Aluminio		5,111

**Fuente:** *Acoplásticos, 2022.*  
*Elaboración propia.*

En base a lo anterior, se establece que los materiales con mayor valorización y comercialización son: Abonos orgánicos (MO), cartón, archivo blanco, periódico, PET y metales. Teniendo en cuenta los precios que se manejan de dichos materiales, se desarrolló una proyección general de ingresos económicos en relación con los sólidos aprovechables generados mensualmente en el municipio, tal como se presenta en la Tabla 10.

**Tabla 10.** *Proyección de ingresos económicos generados por la venta de residuos sólidos en el municipio de La Unión.*

Material	Caracterización (%)	Tarifa (\$/mes)	Promedio cantidad (kg/mes)	Ingresos (\$) por kg/mes en promedio
Papel	10%	2.287	24.962	57.088.094
Cartón	7,1%	2.343	11.094	25.993.242
Plástico	10,5%	927	25.000	23.175.000
Metal	13,4%	1.641	24.868	40.808.388
Vidrio	8,6%	305	13.900	4.239.500
MO	44,5%	2.600	155.323	403.839.800
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>7.993</b>	<b>255.147</b>	<b>550.901.524</b>

**Fuente:** *Elaboración propia. (2022).*

Se puede determinar que, con un estricto y adecuado plan de aprovechamiento de los residuos aprovechables, la proyección de ingresos por venta de los materiales permitirá generarían una rentabilidad altamente significativa, convirtiéndose en la base de una nueva economía para la comunidad. La Tabla 11 contiene una proyección de ingresos más aproximada considerando sólo la cantidad de residuos que realmente son tratados.

**Tabla 11.** *Proyección aproximada de ingresos económicos para porcentaje de aprovechables*

Material	Caracterización (%)	Aprovechable (%)	No Aprovechable (%)	Promedio cantidad aprovechable (kg/mes)	Tarifa (\$/mes)	Ingresos (\$) por kg/mes en promedio por material aprovechable
Papel	10%	7%	3%	17.473	2.287	39.960.751
Cartón	7,1%	7,1%	0%	11.094	2.343	25.993.242
Plástico	10,5%	9,5%	1%	22.619	927	20.967.813
Metal	13,4%	13,4%	0%	24.868	1.641	40.808.388
Vidrio	8,6%	8,6%	0%	13.900	305	4.239.500
Textil	6%	0	6%	0	0	0
MO	44,5%	42%	2,5%	146.597	2.600	381.152.200
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>87,6%</b>	<b>12,4%</b>	<b>236.551</b>	<b>7.993</b>	<b>513.121.894</b>

**Fuente:** *Elaboración propia. (2022).*

El municipio de La Unión, Nariño presenta un potencial de aprovechamiento del 87,6% que, en términos económicos, como bien se observa, podría significar una fuente de ingresos importante. De todos los residuos sólidos aprovechables generados, la materia orgánica es la que se encuentra en mayor proporción. Con estos resultados se puede pensar a nivel general, en la implementación de técnicas de recuperación y aprovechamiento que comprendan principalmente el reúso y reciclaje. Con estas técnicas se buscaría la reducción de la cantidad de desechos entregados para disposición final y así disminuir los riesgos de contaminación de los recursos naturales como el suelo y el aire pues la presencia de desechos orgánicos en vertederos representa altos riesgos para el ambiente debido a la emisión de metano (potente gas de efecto invernadero), generación de olores, proliferación de plagas y contaminación acuífera por procesos de lixiviación (André & Cerdá, 2006); y de otro lado, se fomentaría nuevas formas de generar empleo.

De acuerdo con la información recolectada, se presentan las alternativas aprovechamiento para los residuos sólidos aprovechables encontrados en la zona de estudio:

- **Alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

Debido a que los residuos orgánicos se producen en un alto porcentaje (44,5%), con un estimado de 193,4 ton/mes para el presente año, las alternativas de aprovechamiento (Tabla 12) que se plantean se establecen teniendo en consideración este material aprovechable.

**Tabla 12.** *Alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.*

Alternativas	Actividades	Porcentaje aproximado de aprovechamiento por cada 100 Kg de residuos sólidos orgánicos
Producción de concentrados	Alimento para animales	30% *
Biogás	Energía	50% *
Compostaje	Abono	20% *

\*Los porcentajes presentados son estimaciones basadas en un conjunto de investigaciones referentes a cada alternativa, con las cuales se pudo promediar las cifras mostradas.

**Fuente:** *Elaboración propia (2022).*

Existen diversas estrategias de transformación y aprovechamiento de materia orgánica. Algunas son: producción de alimento, energía y abono. A continuación, se presentan las alternativas de aprovechamiento propuestas para este estudio.

***Alternativa 1: Producción de concentrado para animales domésticos y de finca a base de residuos sólidos orgánicos.***

La transformación de los residuos sólidos orgánicos en alimento animal puede tener un máximo aprovechamiento de hasta un 30% en lo que concierne a su potencial. Después de pasar por un proceso de eliminación de microorganismos y humedad, estos pueden ser transformados en alimento para animales de tipo doméstico y/o de finca. La Tabla 13 contiene el compendio sobre generación de alimento para animales a base de residuos orgánicos.

**Tabla 13.** *Alimento animal a base de residuos orgánicos.*

Tipo de residuo orgánico	Origen	Instrumentos para transformación	Producto alimenticio	Costo promedio por cada 20 Kg	Empresas que transforman y comercializan
Cáscaras de huevo y complementos (Soya, levadura, melaza)	Doméstico, institucional y comercial (restaurantes, panaderías, entre otros).	Molinos, licuadoras, equipos trituradores	Cereales Concentrados	\$80.000	Porcicultura (Cerdos)
				\$70.000	Italcol (Aves)
				\$100.000	Siriagro (Bovino)
				\$790.000	Forticaps (Equinos)
Hortalizas y complementos	Mercados, comercios, domésticos	Molinos, triturador casero estufa de secado	Cereales y harinas	\$75.000	F Finca (Cerdos)
				\$73.000	Italcol (Aves)

Huesos	Mercados, comercios, domésticos e instituciones	Molino eléctrico, exposición a luz infrarroja durante 2 horas para matar microorganismos	Harina de hueso Concentrado	\$200.000	BoneMeal
Restos de comida cocida	Mercados, comercios, domésticos e instituciones	Proceso biotecnológico de fermentación	Sobras de comida empacetas	Recolección directa en canecas plásticas dispuestas en los restaurantes.	

**Fuente:** *Elaboración propia (2022).*

Existe una gran variedad de residuos orgánicos de origen doméstico, institucional o comercial que pueden ser transformados en alimento para animales. La fabricación de estos alimentos en forma de concentrado, por ejemplo, puede ser realizada a pequeña o gran escala. En ésta última, quienes se encargan de la transformación y comercialización de estos productos son empresas como Italcol (2022), Forticaps (2022), Siriagro (2022) empresas que cuentan con infraestructuras especializadas para producción a nivel de industria. Los precios en estas empresas por cada 20Kg varían entre los \$73.000 y \$200.000 según corresponda.

Para este estudio, se prioriza la elaboración del alimento animal a pequeña escala con el fin de emplear herramientas asequibles, procedimientos económicos y fáciles de aplicar, enfocados al trabajo local, familiar y con enfoque a la producción orientada a usos para el propio hogar. La elaboración de concentrados, entonces, brinda la oportunidad de generar alimentos para animales domésticos y/o de finca como aves, cerdos o equinos. Estos pueden prepararse con la mezcla de residuos orgánicos generados en el mismo hogar. Estos son: cáscara de huevo, huesos, restos de comida, hortalizas y algunos complementos como cloruro de sodio.

#### **Preparación de alimento:**

Los productos alimenticios que se pueden elaborar con residuos sólidos orgánicos se pueden fabricar como concentrado, cereal, harina y/o harina de hueso. El proceso de producción a pequeña escala no requiere de mayores esfuerzos. A continuación, se presentan los pasos y requerimientos a seguir para generación de producto para pollo (López *et al.*, 2005):

**Materia prima:** Se refiere a los residuos sólidos orgánicos generados en el hogar, una institución o un establecimiento comercial de alimentos. En la Tabla 14 se presenta los componentes que se pueden emplear de acuerdo a las fórmulas ideales establecidas en el estudio de Vidales *et al.*, 2004 y que se han adaptado para esta investigación. Las relaciones se exponen en términos de porcentajes y pueden emplearse para la producción de la cantidad que se desee (1, 10, o 20kg)

**Tabla 14. Material prima y fórmula ideal (Porcentajes %)**

Componente	Fórmula ideal					
	A	B	C	D	E	F
Huesos (Esqueleto de pescado, principalmente)	100	85	60	90	80	70
Cáscara de huevo	-	7.5	7.5	3	7.5	12.5
Hortalizas	-	5	30	4.5	10	15
Pastilla de levadura	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Cloruro de sodio	-	1	1	1	1	1
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100

**Fuente:** Adaptado de Vidales et.al, 2004  
Elaboración propia, 2022

Considerando que el municipio es altamente agrícola y, de acuerdo con los residuos orgánicos requeridos como materia prima y sus componentes, se establece que la fórmula ideal que se propone aplicar por parte de la comunidad, para este caso de investigación, es la C donde se requiere 60% de huesos (esqueleto de pescado, principalmente), 7.5% cáscara de huevo, 30% hortalizas, 1.5% de pastillas de levadura y 1% de cloruro de sodio. También se puede agregar melaza al gusto si así se desea.

En el estudio de Vidales, et.al en 2004, se realizó además un análisis de la materia prima (Ver Tabla 15) para determinar los constituyentes del alimento obtenido y establecer el nivel de beneficio de este para los animales como se presenta a continuación:

**Tabla 15. Análisis de la materia y sus componentes**

Compuestos	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra
<b>A</b>	7.5	73.45	35	23	5.3
<b>B</b>	12.5	22.65	13.39	10	1.1
<b>C</b>	15	27.84	15.46	7	1.5
<b>D</b>	12.95	32.3	19.425	7.5	0.9
<b>E</b>	11.9	32.8	19.25	9	0.9
<b>F</b>	11.4	26.8	19.6	11	0.9

**Fuente:** Tomado de Vidales et.al, 2004  
Elaboración propia, 2022

De acuerdo con lo anterior y, realizando un contraste entre las fórmulas ideales, se ratifica que la C es la que mejor se adapta al contexto del municipio presentando muy buenos porcentajes de proteínas (15,45), humedad (15) y siendo bajo en grasa (7).

**Tostado de la materia prima:** El proceso de tostado se puede realizar de forma manual y natural empleando estufas de secado o dejando secar los residuos bajo el sol, según sea el caso. Como el enfoque de esta investigación es a nivel de vivienda, este proceso se puede realizar dejando la materia prima (Huesos, principalmente de pescado) al sol durante ocho

días, cambiándolos de posición frecuentemente. Esta acción permite que el secado se realice de forma uniforme para una mejor trituración.

**Trituración de la materia prima:** El proceso de trituración de la materia prima se puede llevar a cabo mediante el empleo de molino, licuadoras o equipos trituradores caseros.

**Mezcla de ingredientes:** Una vez la materia prima ha sido triturada, se procede a la mezcla de todos los residuos sólidos orgánicos en las composiciones de acuerdo a la fórmula ideal.

El proceso de fabricación de alimento está diseñado para realizarse a nivel de vivienda familiar pues como se ha mencionado anteriormente, es relativamente sencillo. Cabe mencionar que no se requiere de la aplicación de ningún conservador químico.

Las herramientas requeridas son instrumentos que se pueden conseguir a muy bajo costo, estas son: licuadora, triturador casero, estufa de secado de 0 a 300 grados centígrados (cuando no se desea el secado natural con el sol y se cuente con los recursos para comprar el instrumento. Esto último se considera si la producción fuere a nivel local comunitario y no de vivienda como se ha mencionado anteriormente) (Vidales et.al, 2004). Por la ubicación de algunos barrios en el municipio, ciertas viviendas cuentan con espacios abiertos en los que fácilmente se puede tener animales domésticos como gallinas y dar el alimento producido.

 **Costos de producción:**

En la Tabla 16 se presentan los costos de producción a escala familiar, es decir, producción de alimento en una vivienda:

**Tabla 16.** Costos de producción de alimentos a escala de vivienda

INSUMO / MATERIALES	COSTO (VALOR UNITARIO)	OBSERVACIÓN
Materia prima	\$0	La materia prima se genera en el mismo hogar. Dado que se refiere a residuos orgánicos, no hay costos.
Báscula digital	\$35.000	Se requiere pesar las cantidades de cada residuo orgánico a emplear, por tanto, se debe contar con este instrumento.
Tostador	\$0	El proceso para tostar los residuos que así lo requiera, se puede realizar de forma natural, es decir, mediante secado bajo el sol por ocho días.
Triturador (Licuadora)	\$56.000	Dado que el proceso se realiza en el hogar, la

		herramienta más factible a emplear es una licuadora.
Mezcla (Recipiente para almacenar 1Kg)	\$16.000	Recipiente plástico para la mezcla de los ingredientes (residuos sólidos orgánicos)
Empacado y distribución	\$0	No se requiere pues la producción es a nivel de vivienda y para uso del hogar.
<b>TOTAL</b>	<b>\$107.000</b>	

Fuente: Homecenter, 2022; Éxito, 2022

Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, los costos de producción de alimento son de \$107.000. Sin embargo, cabe mencionar que este costo se requeriría solo para iniciar el proceso. Posteriormente, estos elementos no significarán nuevos gastos a menos que se necesite el mantenimiento o cambio de uno de ellos.

Para conocer el beneficio económico que la producción de alimento generaría para el mismo hogar, se considera lo siguiente:

**Tabla 17.** *Beneficios económicos de la producción de alimento a escala de vivienda*

Costos de producción (\$)	Cantidad de producción por mes	Costo por Kg (\$)	Precio venta por Kg (\$)	Ganancia por kg(\$)	Ganancia por 20 kg (\$)	Observación
\$107.000	20 Kg	5.350	6.688	1.338	26.760	Dado que para iniciar la producción se requiere la compra de los instrumentos, la ganancia es baja
\$0	20Kg	0	6.688	6.688	133.760	Ganancia después del primer mes siempre y cuando no se requiera el cambio y/o compra de un nuevo instrumento

\*El primer mes

\*\*El segundo mes y, en adelante, es cero porque ya se cuenta con los elementos para la producción. Se requeriría nueva inversión para mantenimiento o reemplazo de equipos.

Considerando un 20% de utilidad:

Es así como se establece que, la elaboración de alimento a partir de residuos orgánicos y en una escala a nivel de vivienda permite evitar gastar por cada 20 kg de alimento al mes un aproximado de entre \$73.000 y \$200.000 que son los precios sugeridos por las empresas mencionadas anteriormente; y por el contrario, ahorrar dinero dada la no necesidad de compra de alimento o incluso ganar \$133.760 si el producto es comercializado a nivel local si así se desea. En este último caso, se deberá considerar el gasto en transporte y mantenimiento de equipos cuando así se requiera.

### **Alternativa 2: Generación de biogás**

La transformación de la materia orgánica en biogás puede tener un máximo aprovechamiento de hasta un 50% en lo que concierne a su potencial. En los últimos años la utilización de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás ha adquirido un elevado peso en la sociedad (Rojas, 2022).

Siendo un proyecto para las familias de la zona urbana, se pretende mostrar un mecanismo práctico y artesanal de producir energía, utilizando materiales de polietileno que tienen bajo costo de instalación y mantenimiento. La Tabla 18 contiene los residuos y costos aproximados que se requieren para el proceso de generación de biogás.

**Tabla 18. Residuos para generación de biogás y costos aproximados**

Residuos sólidos orgánicos	Origen	Herramienta / Material	Costos aproximados
		1 Recipiente plástico mínimo de 120L	\$80.000
		Tubo PVC x 6m	\$64.000
Residuos de cocina	Doméstico Institucional Comercial Restaurantes Mercados Panaderías	2 Válvulas	\$8.900
Hojas caídas		4 Adaptadores	\$10.000
Plantas de jardín		1 Manguera	\$30.000
Restos de comida		4 Abrazaderas	\$5.000
Alimentos caducados			
Cáscaras de huevo			
Cáscaras de frutas			
Aceite de cocina (sólo el 5%)			
Aserrín – mezclado con otros materiales			
			Frasco 2L

**Fuente:** Gigante del hogar, 2022; Homecenter, 2022; Ecoinventos, 2022  
Adaptación de tabla y datos, 2022.

Teniendo en cuenta la capacidad del recipiente (120 L), el volumen de trabajo o carga del biodigestor será del 75%, es decir se llena la  $\frac{3}{4}$  parte con la mezcla de la materia orgánica y

agua, y el 25% para los gases resultantes de la descomposición. Además, la carga diaria de la mezcla será del 4,5 L, si se realiza recarga del biodigestor continuamente.

El proceso de medición de generación de biogás está en función de las condiciones atmosféricas y la naturaleza del sustrato a utilizar. Para climas cálidos la descomposición es mucho más rápida; Los desechos de verdura tienen una producción de 0,350 m<sup>3</sup> de gas por kg de sólidos orgánicos, la hierba 0,410 m<sup>3</sup>/kg, los desechos de cocina 0,250 m<sup>3</sup>/kg. (GTZ, 1987)

El biogás es una fuente energética altamente viable, puede ser empleado para generación de electricidad, como sustituto de gas natural, combustible en una caldera o para automóviles (Rojas, 2022). Los residuos sólidos orgánicos municipales pueden funcionar perfectamente como sustratos para producción de biogás, y se puede realizar a través de la utilización de biodigestores en los que suceden todos los procesos de biodegradación de la materia gracias a la acción de microorganismos.

Siendo el municipio altamente agrícola, esta alternativa representa una doble oportunidad pues, por un lado, el biogás se puede emplear como combustible para hornos, calentadores, refrigeradores o estufas (Rojas, 2022). De otro lado, los fertilizantes pueden ser llevados a las fincas aledañas a la zona urbana pues como se mencionó inicialmente, La unión es un municipio en el que prevalece la presencia de cultivos de café y frutales.

Por tanto, esta alternativa con alto potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos pues, a pequeña escala, no requiere de tecnologías sofisticadas y los materiales requeridos son de bajo costo. No obstante, es una alternativa que requiere manejo a nivel comunitario en el que previamente se desarrollen capacitaciones y talleres educativos al respecto.

### **Alternativa 3. Compostaje.**

El compost es una alternativa con la que se aprovechan los residuos sólidos orgánicos contenidos en los residuos municipales en condiciones controladas (Rondón, et al., 2022; Jaramillo & Zapata, 2008). En la Tabla 15 se presenta un resumen de los materiales orgánicos que se pueden compostar, así como el origen y las herramientas requeridas para su

**Tabla 19. Residuos para compostaje y costos**

<b>Materiales para compostaje</b>	<b>Origen</b>	<b>Materiales</b>	<b>Actividad</b>	<b>Costos unitarios aproximados</b>
<b>Restos de cosecha</b>	Doméstico	Herramientas de trabajo de campo,	-Construcción de una compostera comunitaria (materiales y mano de obra).	-\$128.000
<b>Hojas caídas</b>	Comercial	regadera de agua,		
<b>Plantas de jardín</b>	Restaurantes	herramientas de control de parámetros (termómetro)	-Separación, recolección y transporte de residuos (4 veces por semana).	-\$27.000
<b>Estiércol</b>	Mercados			
<b>Restos de comida</b>	Panaderías			

<b>Frutas, hortalizas. Alimentos caducados</b>	-Pesaje (4 veces por semana, bascula tipo reloj).	-\$65.000
<b>Cáscaras de huevo</b>	-Control de parámetros	-\$38.000
<b>Cáscaras de frutas</b>	-Herramientas de trabajo en campo	-\$39.000
<b>Aceites y grasas comestibles</b>	-Bolsas de polietileno (200und)	-\$40.000

**Fuente:** *Contexto ganadero, 2014.*  
*Adaptación de tabla y datos, 2022*

El compostaje es un proceso biológico que se puede realizar de forma manual o mecanizada. La descomposición de la materia prima, es decir, los residuos sólidos orgánicos, es llevada a cabo por microorganismos y puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). Las bacterias que actúan en el proceso de compostaje son termofílicas capaces de soportar temperaturas de hasta 70°C, lo que favorece la eliminación de patógenos e inocuidad del producto (Rondón *et al.*, 2022; Jaramillo y Zapata, 2008). La duración para el resultado final depende entonces de la forma en que se ejecute el proceso. Si es manual requiere de aproximadamente tres meses mientras que si es mecanizada solo requerirá de 15 días (Rondón *et al.*, 2016; Rojas, 2022).

Teniendo en cuenta que el presente estudio se realizó en el área urbana del municipio de La Unión Nariño, se propone como alternativa la elaboración de una compostera comunitaria y se pueden implementar mediante residuos generados en los hogares y en el comercio (restaurantes, panaderías y/o mercado); la construcción de esta puede ser en madera ya sea por sus económicos precios de elaboración y/o por su tamaño y los espacios reducidos que se puedan presentar,

Según se plantea en el Manual De Compostaje Del Agricultor (Román & Martínez, 2013) “Dependiendo del tipo de residuos o de material orgánico empleados en el proceso de una compostera comunitaria, a partir de 100 kilogramos se logra obtener alrededor de 20 o 22 kg de compost orgánico, que a su vez puede ser comercializado a un costo de \$2.200 cada uno”; cifra importante en el presente estudio, pues si se cuenta con un proceso eficaz y considerando que en el municipio se generan 27,71kg/día de material aprovechable en un mes se podría obtener 150kg de compost aproximadamente.

El producto que se obtiene mediante el proceso de compostaje es básicamente un abono que por su transformación natural resulta ser un regenerador orgánico del suelo dado que (Rondón *et al.*, 2022; Jaramillo y Zapata, 2008):

- Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo
- Es una muy buena fuente de nutrientes
- Aumenta el contenido de materia orgánica

- Suelta suelos muy compactados y compacta los demasiados sueltos

En la tabla 20, se presenta una comparación económica de las posibles alternativas, se puede inferir que las tres opciones requieren bajos costos para su aplicabilidad a pequeña escala, pues, los instrumentos, herramientas y materiales requeridas en cada caso son de fácil acceso y relativamente económicos. Para la producción de alimentos, los costos aproximados son de \$107.000 dependiendo del producto que se desee obtener (alimento para ave, cerdo o equino) y de las herramientas requeridas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos las cuales se proponen desarrollar a pequeña escala, representando un beneficio importante para el municipio dado que permite un aprovechamiento estimado del 44,5% de residuos sólidos orgánicos que se están generando en el municipio (Rojas, 2022).

**Tabla 20.** Comparación de costos entre alternativas

<b>Alternativa</b>	<b>Costos aproximados</b>
<b>Producción de Alimentos</b>	\$107.000
<b>Generación de biogás</b>	\$269.800
<b>Compostaje</b>	\$337.000

**Fuente:** Elaboración propia, 2022

A continuación, se listan las alternativas en orden de preferencia de aplicación como estrategias de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del municipio teniendo en cuenta costos de requerimiento, facilidad de aplicación, construcción, funcionamiento y mantenimiento:

- Producción de Alimentos
- Generación de biogás.
- Compostaje

Finalmente, cabe mencionar, si bien es cierto que las anteriores son estrategias de fácil aplicabilidad, funcionamiento, construcción y mantenimiento, también es cierta la necesidad de desarrollar a nivel comunitario campañas, talleres, programas y planes que brinden los conocimientos técnicos necesarios respecto a las estrategias, especialmente para la estrategia de generación de biogás.

## 5. CONCLUSIONES

El municipio de La Unión, Nariño, presenta ciertas falencias en lo que compete al manejo, control y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, derivada principalmente de la falta de inversión tecnológica e implementación de planes, programas y proyectos que fomenten el adecuado manejo y el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Se determinó que los residuos orgánicos se generan en alto porcentaje (44,5%) en la zona urbana del municipio, los cuales son viablemente aprovechables para generar ingresos que pueden ser empleados en programas de educación ambiental, cultura ambiental y procesos comunitarios de transformación de residuos.

El municipio de La Unión presenta un potencial de aprovechamiento del 87,6% que, en términos económicos, podría significar una importante fuente de ingresos para la población. Es así como se puede pensar en la implementación de técnicas y tratamientos como el reúso y el reciclaje para la recuperación y reincorporación de los materiales orgánicos y reciclables al ciclo productivo y económico, no sólo a nivel local sino también regional que además permite la disminución de los residuos para disposición final, reduciendo así los impactos negativos en el ambiente, los riesgos de contaminación en la salud humana y de los recursos naturales.

Finalmente, las alternativas planteadas podrían generar grandes beneficios para la comunidad Urbana del municipio, pues el aprovechamiento del potencial y la transformación de los residuos orgánicos, permitirá cubrir requerimientos energéticos y generar excedentes mediante la valorización.

## **6. RECOMENDACIONES**

La administración municipal debe considerar dentro de su proceso administrativo planes programas y proyectos enfocados en el tema ambiental que ayuden a mitigar, reducir y/o controlar los impactos ambientales negativos que se están generando por las actividades antrópicas.

Evaluar y reestructurar procesos administrativos en el municipio con el fin de potencializar la cadena económica de los sectores productivos mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el casco urbano del mismo. Esto, partiendo del punto de vista en el que la alcaldía es el órgano responsable directo para determinar y ejecutar las acciones que beneficien al distrito en general.

Se recomienda la implementación de procesos de educación ambiental que incluyan la realización de talleres, capacitaciones y en general, programas que fomenten la acción-participativa de la comunidad, iniciando con métodos de sensibilización en cuanto a la realidad ambiental que se vive actualmente para dar un paso más avanzado que es la concientización ambiental.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Arce, M; Rocha, A; Morales, J; Gutiérrez, E; Trejo, A; Vásquez, E. (2020). Ecovitral: Reciclado de vidrio. Universidad de Yucatán. [En línea]. Recuperado de: [https://www.industriambiente.com/media/uploads/noticias/documentos/AT\\_Vidrio.pdf](https://www.industriambiente.com/media/uploads/noticias/documentos/AT_Vidrio.pdf)

Alcaldía municipal La Unión, Nariño. (2019). Nuestro municipio. [En línea]. Recuperado de: <http://www.launion-narino.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Alcaldía de La Unión. (2020). Diagnóstico técnico y operativo y de la planeación del servicio público de aseo. Colombia.

Alcaldía de La Unión. (2022). Nuestro municipio. [En línea]. Recuperado de: <http://www.launion-narino.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Alcaldía de La Unión. (2016). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de la unión 2016-2019 - PGIRS. La Unión. Colombia

Alcaldía de La Cruz, Nariño. (2020). Plan de desarrollo alcaldía municipal La Cruz Nariño. [En línea]. Recuperado de: <http://www.lacruz-narino.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-alcaldia-municipal-la-cruz-narino>

Alayón E. (2020). Guía para la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos. Colombia. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

Alcaldía de San José. (2016). “Un gobierno de puertas abiertas al progreso”. Plan municipal de desarrollo 2016-2019. [En línea]. Recuperado de: <https://cpd.blob.core.windows.net/test1/52019planDesarrollo.pdf>

André, F; Cerdá, E. (2006). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. Madrid. [https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Andre/publication/277260510\\_Gestion\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_analisis\\_economico\\_y\\_politicas\\_publicas/links/560baa5f08ae80232a3f22c3/Gestion-de-residuos-solidos-urbanos-analisis-economico-y-politicas-publicas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Andre/publication/277260510_Gestion_de_residuos_solidos_urbanos_analisis_economico_y_politicas_publicas/links/560baa5f08ae80232a3f22c3/Gestion-de-residuos-solidos-urbanos-analisis-economico-y-politicas-publicas.pdf)

Acoplásticos (2022). “Encuesta de precios del mercado del reciclaje en Colombia”. Colombia. [En línea]. Recuperado de: [https://www.plastic.org/files/encuesta\\_2022febrero\\_precios\\_de\\_reciclaje.pdf](https://www.plastic.org/files/encuesta_2022febrero_precios_de_reciclaje.pdf)

Banco Mundial. (2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. [En línea]. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Banco Mundial. Kaza, S; Yao, L; Bhada, P; Van, F. (2018). What a Waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050.

Baquero, C. (2018). Guía práctica de manejo y transformación de residuos sólidos caseros, en la comunidad del barrio bella flor - localidad ciudad Bolívar Bogotá. Colombia. [En línea].

Carballo, M; Guelmes, E. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Universidad y Sociedad*. Vol 8. No.1.

Colomina, A. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible. *Revista Cubana de Química*. Vol 17. Núm.3. Universidad de Oriente- Santiago de Cuba, Cuba. [En línea]. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687013.pdf>

Cotrina, G; Landeo, O; Areche, F. (2020). Integral Management of Solid Wastes to Minimize the Environment Pollution in Panao District, Huánuco, Perú. [En línea]. Recuperado de: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/27357>

Corral, A. (2015). ¿Qué es el análisis documental? *Gestión documental*. Arquitectura de la información. Tratamiento y recuperación de información. [En línea]. Recuperado de: <https://archivisticafacil.com/2015/03/02/que-es-el-analisis-documental/>

Corporación Autónoma de Nariño. (2015). Portal Corponariño. [En línea]. Recuperado de: <https://corponarino.gov.co/>

Éxito. (2022). Portal principal. Licuadora. [En línea]. Recuperado de: <https://www.exito.com/licuadora-blanca-4-vl-vaso-pla-finlandek-fi33121-397440/p>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2012). Variedad Castillo. Preguntas frecuentes. Gerencia Técnica – Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café. Colombia. [En línea]. Recuperado de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04261.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2022). Cafés especiales. [En línea]. Recuperado de: <https://federaciondefcafeteros.org/wp/programas/cafes-especiales/>

Forticaps. (2022). Suplementos para caballos y perros. [En línea]. Recuperado de: <https://forticaps.com/>

EMLAUNIÓN. (2020). Soluciones en acueducto, alcantarillado y aseo. [En línea]. Recuperado de: <https://emlaunioneice.wixsite.com/emlaunioneice/servicios#:~:text=EMLAUNION%20%2C%20cuenta%20con%20m%C3%A1s%20de,comunidad%20de%20La%20Uni%C3%B3n%20Nari%C3%B3n>

EMAS (2019). “Nuestra historia EMAS Pasto”. Colombia. [Sitio web]; acceso: 23-04-2022.

Galvis, J. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución.

Gallardo, A. (2009). Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. Venezuela. Universidad de los Andes.

Garrido, G. (2014). Efecto de la humedad en la biodegradación de residuos sólidos urbanos. Mediante tratamiento mecánico biológico. Universidad del Bío-Bío. Chile.

Guzmán, M; Macías, C. (2011). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. Vol.20 No.39. México. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572012000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009)

GTZ. (1987). Difusión de la tecnología del biogás en Colombia: documento del proyecto. Cali, Colombia. <http://biblioteca.minagricultura.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=16472>

Henao, G.; Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en Colombia. Universidad de Antioquia.

Homecenter. (2022). Portal principal. Báscula digital. [En línea]. Recuperado de: [https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/202931/bascula-digital-lcd-en-vidrio/202931/?kid=goosho\\_1161562&shop=googleShopping&gclid=Cj0KCQjwuuKXBhCRARIsAC-gM0inVCllsIYZuxAr2lwggyoXYf1ua8s0YUwZWvJT3RxPd57RM91hh0QaAo1\\_EALw\\_wcB](https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/202931/bascula-digital-lcd-en-vidrio/202931/?kid=goosho_1161562&shop=googleShopping&gclid=Cj0KCQjwuuKXBhCRARIsAC-gM0inVCllsIYZuxAr2lwggyoXYf1ua8s0YUwZWvJT3RxPd57RM91hh0QaAo1_EALw_wcB)

Italcol. (2022). Portal Italcol. [En línea]. Recuperado de: <https://italcol.com/>

InfoAgro. (2022). Portal InfoAgro. [En línea]. Recuperado de: <https://www.infoagro.com/>

Jaramillo, G; Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Universidad de Antioquia. Colombia.

La República (2019). “Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente”. Colombia.

Lagos, T; Criollo, H; García, J; Muñoz, J; López, J; Benavides, V; Dulce, J. (2019). El cultivo del café (*Coffea arabica* L) en Nariño. [En línea]. Recuperado de: <http://sired.udenar.edu.co/6518/1/CARTILLA%20DIVULGATIVA%202020%20OK.pdf>

López, H; Cabrera, P; Conrado, A; Galeas, W; Argueta, R. (2005). Con concentrados caseros. Mejore la alimentación de sus aves y aumente la producción. [En línea]. Recuperado de: <https://docplayer.es/67943213-Mejore-la-alimentacion-de-sus-aves-y-aumente-la-produccion.html>

Moncayo, G. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos. Implementación de proyectos. [En línea]. Recuperado de: [https://www.aqualimpia.com/biodigestores/res-urbanos-rsu/#:~:text=Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20urbanos%20\(RSU,y%20costumbres%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.](https://www.aqualimpia.com/biodigestores/res-urbanos-rsu/#:~:text=Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20urbanos%20(RSU,y%20costumbres%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.)

Ordoñez, H; Navia, J; Ballesteros, W. (2019). Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión, Nariño, Colombia. Vol. 24. No.1

RAS. (2000). Título F sistemas de aseo urbano. [En línea]. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/DiegoMolinaRoa/ras-2000-titulo-f-sistemas-de-aseo-urbano>

Rodríguez, J.; Castañeda, S. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca. Colombia.

Rojas, J; Sánchez, O; Urbina, M. (2011). El reciclado y reúso de plástico, metal y papel en el desarrollo de objetos. Vol.6. No.9. México.

Rojas, M. (2022). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la generación energía en Bogotá. Fundación Universidad de América. Bogotá.

Roman, P; Martinez, M. (2013). Manual De Compostaje Del Agricultor. [En línea]. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

Rondón, E; Santo, M; Pacheco, J; Contreras, E; Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Manuales de la CEPAL. Naciones Unidad. [En línea]. Recuperado de: [file:///C:/Users/57323/Downloads/S1500804\\_es%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/57323/Downloads/S1500804_es%20(1).pdf)

Sáez, A & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Omnia, vol.20, núm.3. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

Sistema de información Ambiental de Colombia – SIAC. (2022). Residuos. [En línea]. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/siac/residuos#:~:text=De%20acuerdo%20al%20Decreto%204741,sus%20propiedades%20no%20permiten%20usarlo>

Soria, L. (2018). Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en municipalidades distritales. Arequipa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6242/FSMsottlm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Solorio, L. (2018). El consumo y la generación de residuos sólidos: una problemática ambiental. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. [En línea]. Recuperado de: [http://www.redisa.net/doc/artSim2011/CaracterizacionDeResiduosSolidos/El%20consumo%20y%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos\\_%20una%20problem%C3%A1tica%20ambiental.pdf](http://www.redisa.net/doc/artSim2011/CaracterizacionDeResiduosSolidos/El%20consumo%20y%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos_%20una%20problem%C3%A1tica%20ambiental.pdf)

Sirriagro. (2022). Portal Sirriagro. [En línea]. Recuperado de: <https://sirriagro.minagricultura.gov.co/>

Soto, D. (2020). Producción y comercialización de concentrados orgánicos “Organic Pet” en el Valle de Aburrá, 2019. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquia. Colombia.

Ordóñez, H; Navia, J; Ballesteros, W. (2018). Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión Nariño, Colombia. [En línea]. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/u/0/my-drive>

Plan de desarrollo municipal. (2012). Plan de desarrollo municipal. La cruz – Nariño 2012 - 2015. La Cruz, Nariño. Colombia. [En línea]. Recuperado de: [http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/procesos\\_de\\_interes/narino/28.\\_la\\_cruz.pdf](http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/procesos_de_interes/narino/28._la_cruz.pdf)

Veolia. (2022). Parque Tecnológico Ambiental Antanas. [En línea]. Recuperado de: <https://www.veolia.com.co/pasto-putumayo/servicios/parque-tecnologico-ambiental-antanas>

Vidales, A; Santillán, V; García, E; Gómez, M. (2004). Alimentos Balanceados Para Animales A Partir De Residuos Orgánicos. Investigación Técnica. Conciencia Tecnológica. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. México.

Weather Spark (2022). “El clima y el tiempo promedio en todo el año en La Unión”. Colombia. [En línea]. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/21528/Clima-promedio-en-La-Uni%C3%B3n-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20La%20Uni%C3%B3n%2C%20los%20veranos,m%C3%A1s%20de%2031%20%C2%B0C>.

Zafra, C. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF). Col 29. No.2. Colombia.