

DIAGNÓSTICO DEL INDICADOR 6.2.1 DE LOS ODS (OBJETIVOS DE DESARROLLO
SOSTENIBLE) PARA EL MANEJO DEL SANEAMIENTO E HIGIENE EN LA VEREDA
SAN JUAN BOSCO, SECTOR 2, MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META.



ADRIANA PARDO GALINDO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2024

DIAGNÓSTICO DEL INDICADOR 6.2.1 DE LOS ODS (OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE) PARA EL MANEJO DEL SANEAMIENTO E HIGIENE EN LA VEREDA SAN JUAN BOSCO, SECTOR 2, MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META.

ADRIANA PARDO GALINDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniera civil

Asesor

Mg. LIZETH LUCERO DÍAZ SUESCÚN

Ing. Civil Esp. en Recursos Hídricos e MBA en Gestión Óptima de Proyectos

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2024

Autoridades académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaría General Seccional Villavicencio

Ing. Luis Fernando DÍAS CRUZ, MSc

Decano Facultad de Ingeniería Civil

Dedicatoria

A mi madre Beatriz Galindo, gracias por ser una mujer fuerte que dio todo de sí misma para que pudiéramos salir adelante, Te admiro muchísimo.

A mi abuela Flor Alba Díaz, gracias por apoyarme en mis estudios y velar por mi bienestar.

A mi hermano Ivan Dario Pardo, espero poder inspirarte y ser un ejemplo de que si se puede.

En homenaje a mi padre Ruben Dario Pardo. De ti aprendí a cuestionarme e interesarme por conocer cómo funcionaba el mundo. Sigues inspirando a tus hijos y alegrando los corazones de quienes te recordamos con cariño.

Contenido

	Pág.
1. Introducción.....	10
2. Objetivos	11
2.1. Objetivo general	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. Alcance	12
4. Marco de referencia.....	13
4.1. Marco teórico	13
4.2. Marco conceptual	13
4.3. Marco geográfico	15
4.3.1. Localización.....	15
5. Antecedentes y estado del arte	16
6. Formulación del problema.....	18
7. Justificación.....	20
8. Metodología.....	21
8.1. Fase 1. Visita y encuesta	21
8.2. Fase 2. Caracterización y análisis de los datos obtenidos de la encuesta.....	21
8.3. Fase 3. Proponer el baño seco como posible solución a la problemática.....	21
9. Desarrollo de la encuesta.....	22
9.1. Depósito y almacenamiento	23
9.2. Tipo de vaciado.	25
9.3. Transporte.....	26
9.4. Percepción del tratamiento.	27
9.5. Manejo de lodos.	28
9.6. Higiene.	28
9.7. Saneamiento	29
10. El baño seco como alternativa sostenible.	32
10.1 Importancia del baño seco.....	32
10.2. Componentes.....	33

10.3 Instalación del baño seco.....	34
10.4. Uso y mantenimiento.	34
10.5. compostaje y uso de los residuos.	35
11. Recomendaciones.	37
12. Conclusiones	38
Referencias bibliográficas	40

Lista de figuras

	Pag.
Figura 1 Localización geográfica	15
Figura 2 Registro fotográfico visita y encuesta	22
Figura 3 Gráfico lugar donde se depositan las heces	23
Figura 4 Inodoro	23
Figura 5 Gráfico, El lugar donde se generan las heces fecales es de uso personal o compartido	24
Figura 6 Gráfico, ubicación del inodoro	24
Figura 7 Inodoro ubicado en el exterior de la vivienda	25
Figura 8 Gráfico, Tipo de vaciado	25
Figura 9 Sistema de vaciado del inodoro	26
Figura 10 Gráfico. Tipos de agua residuales	26
Figura 11 Gráfico, Descarga de las aguas residuales	27
Figura 12 Gráfico, Percepción de la comunidad frente al tratamiento	27
Figura 13 Gráfico, Se desbordan las aguas residuales de su sistema de tratamiento	28
Figura 14 Gráfico, Fuente del agua para el lavado de manos	28
Figura 15 Zona de captación de aguas subterráneas y zona de lavado de manos	29
Figura 16 Gráfico, Tipo de desinfectante para el lavado de manos	29
Figura 17 Gráfico, Recubrimiento del pozo	30
Figura 18 Pozo séptico con recubrimiento de ladrillo	30
Figura 19 Pozo séptico con recubrimiento de cemento	31
Figura 20 Pozo séptico sin recubrimiento	31
Figura 21 Inodoro del baño seco	33
Figura 22 Compartimentos del baño seco	34
Figura 23 Ejemplo de una compostera casera	35
Figura 24 Ciclo de nutrientes completo	36
Figura 200. Ciclo de nutrientes completo.Cultivar	36
Figura 201. Ciclo de nutrientes completo	36
Figura 202. Gráfico lugar donde se depositan las heces. Figura 203. Ciclo de nutrientes completo.Cultivar	36
Figura 204. Ciclo de nutrientes completo.Cultivar	36

Resumen

El presente proyecto estudia el manejo de la higiene y saneamiento en la comunidad de Sebastopol en la vereda San Juan Bosco en el municipio de Villavicencio, a los lodos sanitarios. Se realiza una caracterización del manejo por medio de una encuesta elaborada a partir del indicador 6.2.1 de los ODS.

La encuesta llevada a cabo cuantifica los principales problemas que tienen los habitantes en el tratamiento que están empleando como: Depósito y almacenamiento de heces fecales, vaciado, transporte, percepción de la comunidad frente al tratamiento, manejo de lodos, higiene y saneamiento. Se analizan los resultados obtenidos con el fin de identificar falencias y poder aportar observaciones y recomendaciones a la comunidad.

Además, se informa sobre el uso del baño seco como posible alternativa para el tratamiento de los lodos sanitarios con el fin de reducir el riesgo de contaminación y enfermedad por coliformes fecales.

Palabras Clave: lodos sanitarios, indicador 6.2.1 de los ODS, saneamiento, higiene, baño seco, coliformes fecales.

Abstract

In this project, the management of hygiene and sanitation that the community of Sebastopol in the San Juan Bosco village is giving to sanitary sludge is studied. A characterization of said management is carried out through a survey prepared from indicator 6.2.1 of the SDGs.

The survey carried out quantifies the main problems that residents have in the treatment they are using, such as: Deposit and storage of feces, emptying, transportation, community perception of the treatment, sludge management, hygiene and sanitation. The results obtained are analyzed in order to identify shortcomings and provide observations and recommendations to the community.

It is also reported on the use of dry bathing as a possible alternative for the treatment of sanitary sludge in order to reduce the risk of contamination and disease due to fecal coliforms.

Keywords: sanitary sludge, SDG indicator 6.2.1, sanitation, hygiene, dry toilet, fecal coliforms.

1. Introducción

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas, el acceso a servicios básicos como el saneamiento e higiene se posiciona como un pilar fundamental para garantizar la salud y el bienestar de las comunidades. Dentro de este contexto, el Indicador 6.2.1, que mide la proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de forma segura, emerge como una herramienta crucial para evaluar el progreso hacia la consecución de este objetivo.

La vereda de San Juan Bosco en el municipio de Villavicencio, como muchas otras comunidades rurales, enfrenta desafíos significativos en cuanto al acceso y la calidad de sus servicios de saneamiento e higiene. Estos desafíos no solo afectan la salud y el bienestar de sus habitantes, sino también tienen implicaciones en la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, esta tesis se propone realizar una evaluación exhaustiva del estado de la vereda, centrándose en el Indicador 6.2.1 de los ODS como marco de referencia. Además, se busca informar a la comunidad sobre alternativas innovadoras y sostenibles para el tratamiento de lodos, con especial énfasis en el baño.

Por lo tanto, se proporcionará un análisis integral de la situación del saneamiento e higiene, así como las alternativas prácticas y sustentables para el tratamiento de lodos, con el fin de promover un desarrollo más equitativo y sostenible.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de los objetivos 6.2.1 a y 6.2.1 b en la vereda San Juan Bosco en el municipio de Villavicencio, para proponer una alternativa para la gestión de lodos sanitarios segura, sostenible y eficiente con el fin de reducir el nivel de riesgo de contaminación por coliformes fecales.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterización del estado actual de la gestión de los lodos sanitarios en la comunidad, en donde se incluya las prácticas de almacenamiento, transporte y disposición final basándose en el indicador 6.2.1.a sobre saneamiento y 6.2.1.b. sobre higiene.
- Sensibilizar sobre la importancia del uso de baño seco y fomentar prácticas para su correcta instalación, mantenimiento y limpieza con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente y asegurar su funcionamiento óptimo por medio de una cartilla digital.
- Proporcionar recomendaciones para el saneamiento e higiene.

3. Alcance

Este proyecto se enfoca en evaluar el estado actual de los habitantes de la vereda San Juan Bosco (Sebastopol) en el municipio de Villavicencio, respecto a las prácticas de higiene y saneamiento que están llevando a cabo ya que no cuentan con un sistema de acueducto ni alcantarillado. Se identificarán las deficiencias y puntos críticos por medio de una encuesta basada en el indicador 6.2.1 de los ODS, posteriormente se analizarán los resultados y se dará una propuesta o posible solución y respectivas recomendaciones a la comunidad para reducir el riesgo de enfermedades y problema que están teniendo con su sistema de acueducto y de manejo de lodos caseros.

4. Marco de referencial

4.1 Marco teórico

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas en la Agenda 2030 son un marco global que busca abordar los desafíos sociales, económicos y ambientales más apremiantes del mundo. El ODS 6 se centra específicamente en garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Dentro de este objetivo, el Indicador 6.2.1 se destaca como una herramienta clave para medir el acceso seguro a servicios de saneamiento, lo que proporciona un marco para evaluar el progreso y orientar las intervenciones en este ámbito.

El acceso a servicios adecuados de saneamiento e higiene es fundamental para prevenir enfermedades y promover la salud pública. La falta de acceso a instalaciones sanitarias adecuadas y la higiene deficiente están directamente relacionadas con la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos, como diarrea, cólera y enfermedades respiratorias. Por lo tanto, mejorar el saneamiento e higiene tiene un impacto significativo en la reducción de la carga de enfermedades y la mejora del bienestar de la comunidad.

El saneamiento inadecuado puede tener consecuencias ambientales significativas, incluida la contaminación del agua y del suelo, la degradación de los ecosistemas acuáticos y la pérdida de biodiversidad. Por lo tanto, es crucial considerar el impacto ambiental de las tecnologías de saneamiento y buscar soluciones que minimicen su huella ambiental y promuevan la sostenibilidad a largo plazo.

4.2 Marco conceptual

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una iniciativa global adoptada por las Naciones Unidas en septiembre de 2015. Estos objetivos representan una ambiciosa agenda para abordar los desafíos más urgentes que enfrenta nuestro mundo, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible para todos. Los ODS constan de 17 metas interrelacionadas que cubren aspectos sociales, económicos y ambientales, y están diseñadas para guiar las acciones de los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado hasta el año 2030.

La cadena de servicios sanitarios se refiere al proceso integral de manejo de aguas residuales y desechos sólidos que se genera en la sociedad. Comprende una serie de etapas interconectadas que involucran la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos. Los servicios sanitarios adecuados son esenciales para garantizar la salud pública, proteger el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible.

Dr. Strande L. (2017) define los lodos fecales como cualquier tipo de combinación de aguas residuales y excreta (orina y heces) que provienen de las tecnologías de saneamiento in situ como por ejemplo letrinas de pozo, baños públicos o baños secos.

Existen diferentes tipos de generación de lodos, y estos pueden clasificarse según su origen y características. A continuación, se mencionan algunos de los tipos más comunes:

Lodos primarios: se generan en la etapa inicial del tratamiento de aguas residuales, conocida como sedimentación primaria. Estos lodos contienen principalmente materia orgánica sedimentada y sólidos suspendidos.

Lodos secundarios: se producen durante la etapa de tratamiento biológico de las aguas residuales. En esta fase, los microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el agua. Los lodos secundarios son el resultado de la eliminación de estos microorganismos.

Lodos digeridos: después de la etapa de tratamiento biológico, los lodos secundarios pueden someterse a un proceso de digestión anaerobia. Este proceso descompone aún más la materia orgánica, reduciendo su volumen y contenido de patógenos.

Lodos de deshidratación: una vez que los lodos han sido tratados y digeridos, se pueden someter a un proceso de deshidratación para reducir su contenido de agua. Esto facilita su manejo y disposición final.

Tchobanoglous, Franklin L. Burton y H. David Stensel (2013) destacan que la gestión de lodos es una etapa importante en el proceso de tratamiento de aguas residuales, ya que permite la estabilización de los lodos antes de su disposición final. El almacenamiento temporal puede ser necesario para reducir la cantidad de agua en los lodos, mejorar su estabilidad y permitir su transporte a lugares de disposición final. Consideran que el manejo adecuado de los lodos es un componente clave de la gestión de aguas residuales y un elemento esencial para la protección de la salud pública y el medio ambiente.

El "Humanure" es un término que se refiere al uso de excrementos humanos como fertilizante para la agricultura después de un proceso de compostaje adecuado. Esta práctica busca

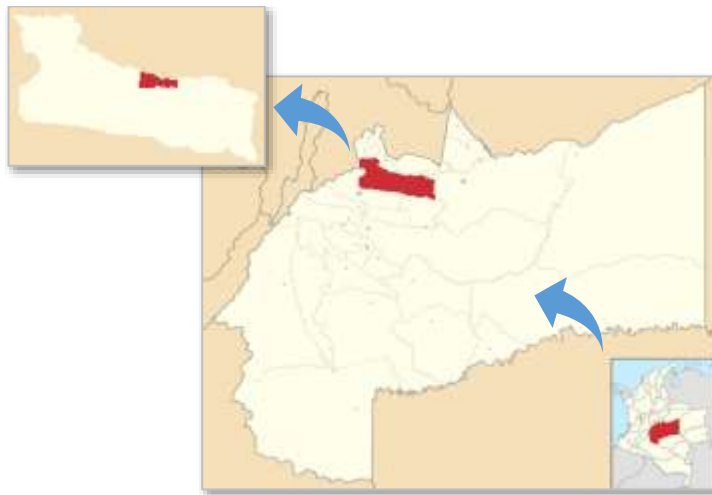
convertir los desechos humanos en un recurso útil para la agricultura, en lugar de desecharlos de manera contaminante. Joseph Jenkins, Inc. Humanure Handbook: A Guide to Composting Human Manure. (2005).

4.3 Marco geográfico

La vereda San Juan Bosco se encuentra en el municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, Colombia. Villavicencio es la capital del departamento del Meta y está situada en la región central del país. La vereda San Juan Bosco es una subdivisión administrativa rural dentro del municipio de Villavicencio. Esta área está ubicada en la región conocida como la Orinoquía colombiana, caracterizada por extensas llanuras, ríos importantes como el río Meta y una rica biodiversidad.

4.3.1 Localización

Figura 1 Localización geográfica



Nota. La figura 1 muestra el mapa del municipio de Villavicencio con la localización de la vereda de San Juan Bosco. (Adaptado de Wikipedia 2012).

5. Antecedentes y estado del arte

ONU (2017), El indicador 6.2.1.a se refiere a uno de los indicadores establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Específicamente, el indicador 6.2.1.a se utiliza para medir el porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento de forma segura y adecuada. Este indicador se enfoca en garantizar el acceso universal a servicios de saneamiento adecuados y seguros para todos. Para ser considerados seguros y adecuados, los servicios de saneamiento deben proteger la salud humana y el medio ambiente, garantizando la privacidad, la dignidad y la seguridad de las personas. La medición del indicador 6.2.1.a implica recolectar datos sobre el acceso a servicios de saneamiento y la calidad de dichos servicios. Esto puede incluir el tipo de instalaciones de saneamiento utilizadas, la cantidad de personas que las utilizan y si los servicios están diseñados y mantenidos de manera adecuada para garantizar la seguridad y la higiene.

ONU (2017), El indicador 6.2.1b de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se centra en la proporción de la población que cuenta con acceso a prácticas adecuadas de higiene. Este indicador evalúa el avance y fomenta la adopción de prácticas higiénicas, lo cual es crucial para prevenir enfermedades y mejorar la salud y el bienestar de las personas.

Dr. Niwagaba C. (2017) Un saneamiento adecuado sólo puede ser alcanzado con un manejo de toda la cadena de servicios, lo que incluye el acceso seguro a retretes limpios, la recolección y el transporte de los lodos fecales acumulados, seguidos por el tratamiento y alguna forma de uso o disposición final segura.

Según Dr. Strande L, el transporte de lodos es una etapa crítica en la gestión de lodos fecales que requiere la selección cuidadosa de vehículos adecuados, la planificación adecuada de rutas seguras y la capacitación adecuada del personal involucrado. También destaca la importancia de la participación activa de la comunidad en la gestión de lodos fecales.

El autor Tchobanoglous, Burton y Stensel (2003), en su libro "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", abordan la incineración como una alternativa de tratamiento de lodos. Explican que este proceso implica la quema de lodos a altas temperaturas en plantas especializadas. Destacan que la incineración reduce el volumen de los lodos, elimina los agentes patógenos y genera energía en forma de calor.

Speece, en su trabajo "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters", se centra en la digestión anaeróbica como opción de tratamiento de lodos. Según el autor, este proceso biológico descompone los lodos en un ambiente sin oxígeno, generando biogás, principalmente metano, y un residuo más estabilizado que puede ser utilizado como fertilizante o compost.

Vesilind y Warshawsky, en "Water Supply and Pollution Control", discuten el tratamiento químico como una alternativa para tratar los lodos. Según los autores, este método implica el uso de productos químicos para flocular las partículas y separar el agua de los lodos. Destacan que este enfoque facilita la eliminación del agua y la disposición adecuada de los lodos.

Yilmaz, en su trabajo "Leaching of Heavy Metals from Contaminated Soils", explora la lixiviación como una opción de tratamiento de lodos. El autor explica que este método implica lavar los lodos con agua u otros solventes para extraer los componentes solubles. Destaca que la solución resultante puede ser tratada o que los componentes recuperados pueden ser reutilizados o eliminados adecuadamente.

Según Kamal Kar (2006), el Ecotilet es una tecnología de saneamiento básico que se basa en el uso de inodoros secos y el compostaje de los desechos humanos para producir abono valioso. El Ecotilet se diferencia de los inodoros convencionales que utilizan agua para la eliminación de residuos, ya que no requiere agua y utiliza materiales secos como virutas de madera o ceniza para cubrir los desechos humanos. La tecnología del Ecotilet se basa en la idea de que los desechos humanos son un recurso valioso en lugar de un problema de eliminación de residuos, y que el compostaje de estos desechos puede producir un fertilizante valioso y seguro para su uso en la agricultura. El proceso de compostaje en el Ecotilet se realiza en un contenedor especialmente diseñado que permite la ventilación y la circulación de aire para descomponer los desechos humanos y los materiales secos. El abono producido por el Ecotilet se puede utilizar para mejorar la fertilidad del suelo y la producción agrícola.

Según Avirama Peñafiel, D (2022) en la vereda San Juan Bosco solo 8 de los aljibes están a 15 metros de los pozos sépticos, la cual es la distancia mínima requerida para que no haya contaminación en las aguas subterráneas debido a la filtración que pueden tener los pozos hacia los aljibes; esto significa también que el agua captada va a contener E. Coli,

6. Formulación del problema

La disponibilidad y calidad del agua es una problemática global que afecta a millones de personas. En muchos lugares, la falta de acceso al agua potable y segura es una realidad diaria que contribuye a la propagación de enfermedades y a la pérdida de vidas humanas. Debido a la creciente demanda y el cambio climático, Se espera que la población mundial alcance los 9.7 mil millones de personas para el año 2050, lo que significa que la demanda de agua aumentará significativamente en las próximas décadas (ONU,2019). Además, el cambio climático está alterando los patrones de precipitación y provocando sequías y desastres naturales que afectan la disponibilidad de agua en muchas regiones del mundo (ONU, 2022).

Colombia es un país con abundantes recursos hídricos, sin embargo, la distribución del agua es desigual, lo que puede generar problemas de acceso a esta y por eso algunas personas deben recurrir a métodos inseguros para captarla. Ese es el caso de la vereda San Juan Bosco en Villavicencio; donde captan el agua por medio de pozos o aljibes y no se le hace un tratamiento adecuado antes de su consumo teniendo en cuenta que esa misma agua también está siendo contaminada por los pozos sépticos de las casas (Avirama, 2022).

Inicialmente el predio ocupado por la comunidad de sebastopol en la vereda San Juan Bosco estuvo destinado para arrendarse a 18 familias en el año 1997, esto luego de que la Dirección Nacional de Estupefacientes realizara una extinción de dominio sobre este. Tenían proyectado el cultivo de maracuyá, yuca, plátano, piña, árboles frutales y madereros, así como producir leche y cría de terneros, gallinas y cerdos. Pero en 2015 la fiscalía ordenó la devolución del predio debido a que no se pudo comprobar que fue adquirido por medio de recursos ilegales. (Arias Nelson 2019). En 2016 se iniciaron acciones legales para que las familias devolvieran la propiedad, a lo que se rehusaron y actualmente siguen viviendo allí. Debido a eso aún no disponen de un servicio de alcantarillado y la única manera en la que pueden transportar los lodos fuera de sus hogares es vaciándolos hacia los pozos sépticos que no fueron construidos de manera óptima ni se les hace un debido mantenimiento lo que ha provocado la contaminación con E.coli en las fuentes de abastecimiento de agua.

Una de las opciones que se estudiará en el proyecto es el ecotoilet o baño seco y aunque sea una alternativa practica a los sistemas convencionales de saneamiento se debe considerar ciertos aspectos y limitaciones para su correcto aprovechamiento. Como por ejemplo la limpieza

y desinfección del retrete ya que no hay agua corriente y habría una acumulación de suciedad que puede provocar malos olores o el costo de los materiales que deben ser especiales para retener estos desechos, también se debe garantizar el correcto uso del baño seco porque si el recipiente en donde se almacenan los desechos no es llenado con los materiales adecuados ni en las cantidades adecuadas no se podría cumplir con el ciclo para hacer el compostaje de las heces y la orina podría liberar cantidades considerables de amoníaco que sería perjudicial para el medio ambiente (Kamal Kar, 2006).

7. Justificación

Los indicadores del reto 6 de los ODS son fundamentales para evaluar el avance y ofrecer datos acerca de la situación actual del manejo de las aguas comunitarias, lo cual resulta crucial para guiar a quienes están a cargo de crear políticas y tomar decisiones (ONU, 2017). Estos indicadores son un aspecto crítico, pero a menudo descuidado en los sistemas de saneamiento.

Este proyecto es necesario por varias razones. En primer lugar, la gestión inadecuada de los lodos sanitarios puede tener graves consecuencias para la salud pública (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2012). El almacenamiento inapropiado y el transporte ineficiente de estos residuos pueden dar lugar a la contaminación del agua y del suelo, lo que aumenta el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y otros problemas de salud. Al proponer mejores alternativas, podemos reducir estos riesgos y mejorar la calidad de vida.

Además, el manejo adecuado de los lodos sanitarios es esencial para proteger el medio ambiente. La disposición inadecuada de estos residuos puede contaminar los recursos hídricos y contribuir a la degradación ambiental (Donado, 2013). Al implementar alternativas más eficientes y sostenibles de almacenamiento y transporte, podemos minimizar el impacto negativo en el entorno natural, preservando nuestros recursos naturales para las generaciones futuras.

Otro factor importante es la optimización de los recursos y la reducción de costos. La gestión ineficiente de los lodos sanitarios puede resultar costosa tanto para los individuos como para la comunidad en su conjunto. Los métodos tradicionales de almacenamiento y transporte pueden requerir una gran cantidad de agua, energía y recursos financieros (Donado 2013). Al proponer alternativas más efectivas, podemos optimizar el uso de estos recursos y reducir los costos asociados.

Finalmente, este proyecto permite dar solución a la problemática de la comunidad dentro del marco de los ODS al abordar de manera efectiva los indicadores 6.2.1 a y 6.2.1 b y realizar un diagnóstico exhaustivo para proponer mejores alternativas de almacenamiento y transporte de lodos sanitarios, estaremos contribuyendo activamente al cumplimiento de estos compromisos.

8. Metodología

Para el correcto desarrollo del proyecto, se dividirá en diferentes fases dependiendo de la actividad que se tiene proyectado realizar.

8.1 Fase 1. Visita y encuesta

Realizar una encuesta a los miembros de la comunidad para conocer las prácticas actuales de gestión de lodos sanitarios, incluyendo almacenamiento, transporte y disposición final. La encuesta deberá basarse en los indicadores de saneamiento y de higiene, considerando la frecuencia y la forma en que se realizan estas prácticas, así como los riesgos de contaminación y las medidas preventivas adoptadas.

La encuesta gira en torno a los siguientes ejes temáticos:

- Depósito y almacenamiento de heces fecales.
- Vaciado
- Transporte
- Percepción de la comunidad frente al tratamiento
- Manejo de lodos
- Higiene
- Saneamiento

8.2 Fase 2. Caracterización y análisis de los datos obtenidos de la encuesta.

En esta fase se ordenará y clasificará la información proporcionada por la comunidad para identificar las principales problemáticas y así mismo generar un plan de acción y las recomendaciones a proporcionar.

8.3 Fase 3. Proponer el baño seco como posible solución a la problemática.

En esta fase se hablará sobre la importancia del baño seco, los beneficios que puede tener para la salud y el medio ambiente y todos los factores que se deben tener en cuenta para su uso.

9. Desarrollo de la encuesta

La encuesta se realizó el 7 de marzo del 2023 a cargo de la tesista Adriana Pardo Galindo en colaboración de estudiantes de la asignatura de ambiente y desarrollo sostenible de la universidad Santo Tomás a un total de 53 personas (cada una en su respectiva vivienda) en la vereda San Juan Bosco (Sebastopol) sector 2 en el municipio de Villavicencio, Meta.

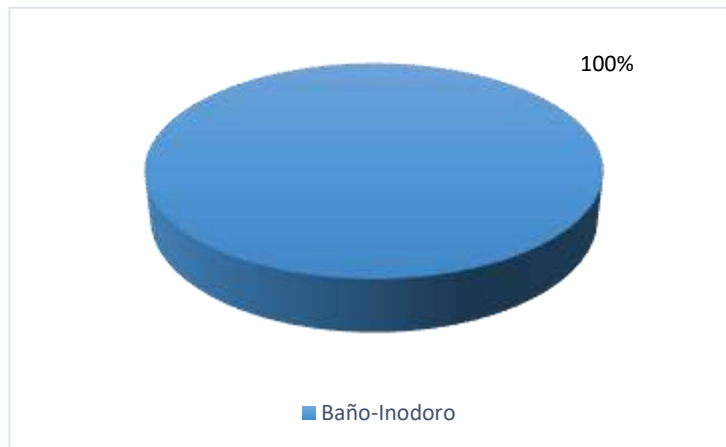
Figura 2 Registro fotográfico visita y encuesta



Nota. La figura 2 muestra una compilación de fotografías de la tesista junto a demás estudiantes de la asignatura ambiente y desarrollo haciendo las encuestas.

9.1 Depósito y almacenamiento

Figura 3 *Gráfico lugar donde se depositan las heces*



Como se puede observar en la figura 3, las 53 personas encuestadas, es decir el 100% afirman usar el baño o inodoro para depositar allí sus necesidades fisiológicas.

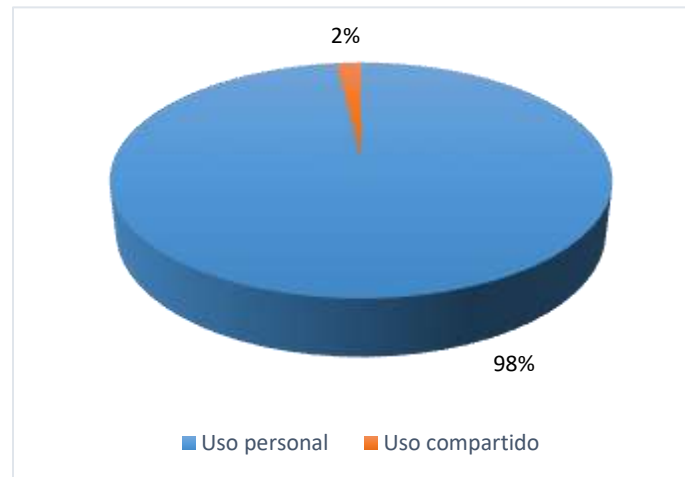
Figura 4 *Inodoro*



Nota. La figura 4 muestra una fotografía de un inodoro en la vereda San Juan Bosco.

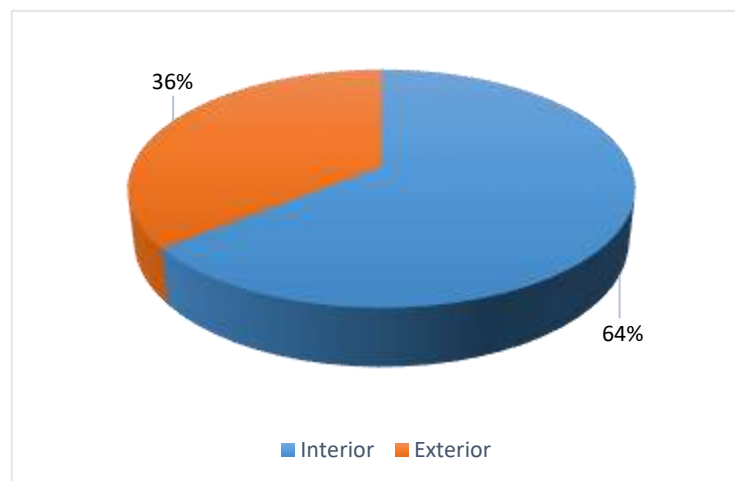
Al realizar la visita se observó que la mayoría de las instalaciones sanitarias eran similares a la de la figura 4, las cuales eran muy básicas y contaban solo con lo necesario, ya que la vereda no tiene sistema de acueducto las personas deben vaciar el inodoro y lavar sus manos con baldes de agua extraída de los pozos o aljibes.

Figura 5 Gráfico, El lugar donde se generan las heces fecales es de uso personal o compartido



De las 53 personas encuestadas 52 personas (98%) afirman tener un respectivo baño funcional en sus viviendas y 1 persona (2%) afirma el uso compartido, indica que usa el baño de su vecino.

Figura 6 Gráfico, ubicación del inodoro



De las 53 viviendas; 34 (64%) tienen el baño en el interior y 19 (36%) en el exterior.

Figura 7 Inodoro ubicado en el exterior de la vivienda



La figura 7 muestra el ejemplo de cómo los habitantes de la vereda ponen los inodoros en el patio de sus casas, lejos de las habitaciones y cocina, según lo que ellos comentaban los ponen afuera porque es más higiénico y evitan olores molestos que provienen de él.

9.2 Tipo de vaciado

Figura 8 Gráfico, Tipo de vaciado



En todas las viviendas hacían el vaciado del sanitario de manera húmeda, usan valdes con agua para hacerlo y los desechos caen a los pozos sépticos.

Figura 9 Sistema de vaciado del inodoro

Nota. En la figura 9 se puede observar una fotografía en donde se evidencia los valdes con agua que usan para descargar el inodoro.

9.3 Transporte

Figura 10 Gráfico. Tipos de agua residuales

Nota. La figura 10 muestra el porcentaje de los habitantes que separan las aguas.

En la figura 10 podemos ver que más de la mitad de los habitantes no tienen un depósito especial que separe las aguas negras de las demás provenientes de la casa, lo que puede dificultar

un poco si en algún momento se deseará hacer algún tipo de tratamiento o análisis de las mimas ya que habrá una mezcla de detergentes y lodos fecales.

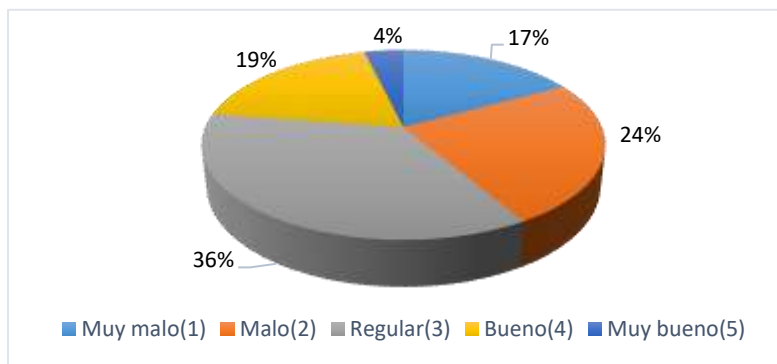
Figura 11 *Gráfico, Descarga de las aguas residuales*



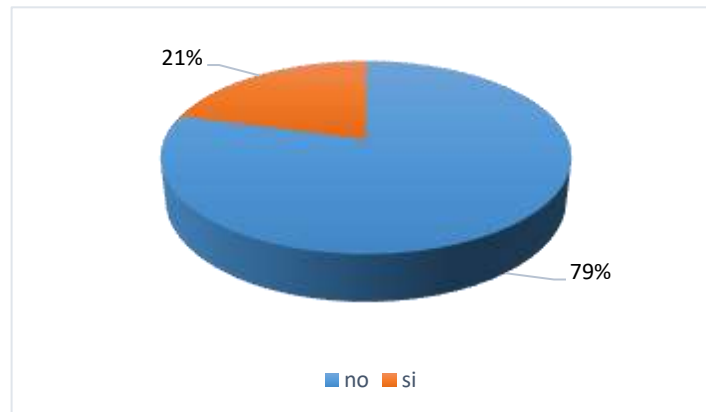
El 83% de la población tiene instalado un pozo séptico y el 17% un pozo de infiltración sin ningún recubrimiento para evitar que los desechos se filtren al suelo.

9.4 Percepción del tratamiento.

Figura 12 *Gráfico, Percepción de la comunidad frente al tratamiento*



En la figura 12 se muestra la calificación que le da la comunidad al tratamiento que han venido implementando, siendo Regular (3) la mayor votada. Es decir que el 36% de la comunidad piensa que el sistema es Regular seguido de un 24% que dice que es malo (2).

Figura 13 Gráfico, *Se desbordan las aguas residuales de su sistema de tratamiento*

La figura 13 muestra que el 79% de la comunidad afirma que hasta el momento de realizar la encuesta no se ha desbordado el pozo séptico de sus viviendas. Lo cual pueda deberse a que la mayoría tienen menos de dos años de uso.

9.5 Manejo de lodos

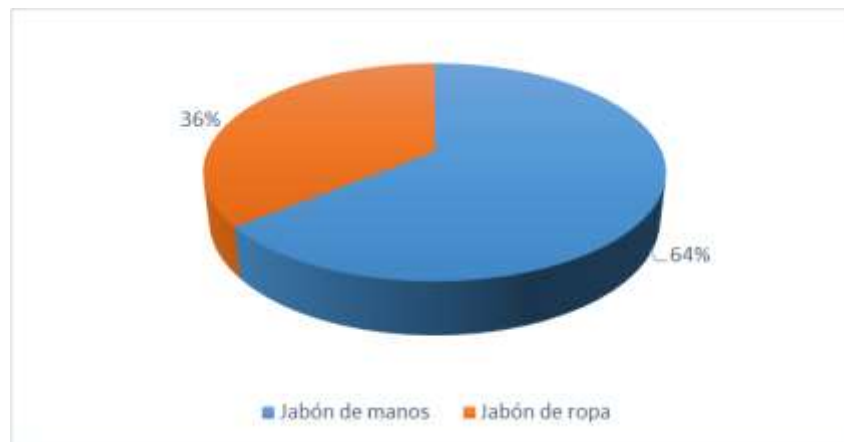
Hasta el momento de realizada la encuesta los lodos no tienen ningún tipo de tratamiento posterior a ser almacenado en el pozo séptico y la comunidad desconoce sobre este tema y sobre otras alternativas para tratarlos.

9.6 Higiene

Figura 14 Gráfico, *Fuente del agua para el lavado de manos*

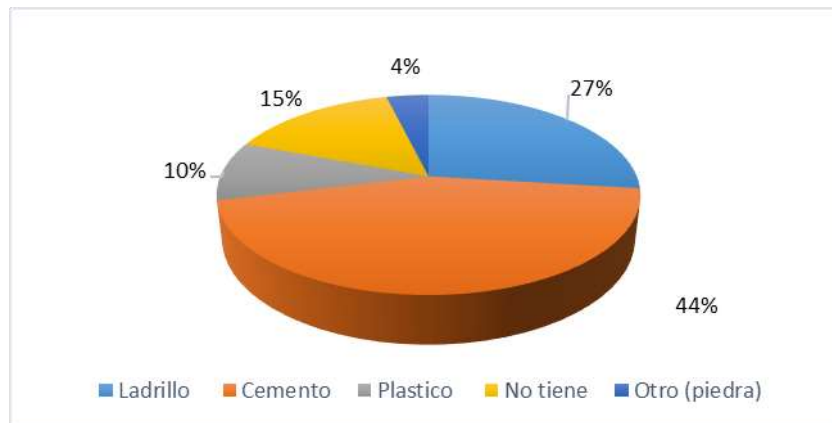
Figura 15 Zona de captación de aguas subterráneas y zona de lavado de manos*Captación de agua subterránea**Zona de lavado de manos y aseo personal*

Nota. En la figura 15 se puede observar un sistema de captación de agua subterránea la cual utilizan para el lavado de manos, aseo personal y lavado de ropa, entre otros. También se observa la zona que adecuaron para almacenamiento de agua, lavado de manos y de ropa.

Figura 16 Gráfico, Tipo de desinfectante para el lavado de manos

9.7 Saneamiento

Se preguntó si considera que en el momento en que se haga el vaciado del pozo séptico debería usar elementos de bioseguridad como guantes, mascarilla, entre otros. Todos los encuestados respondieron que no sabían.

Figura 17 *Gráfico, Recubrimiento del pozo*

La figura 17 muestra el porcentaje de pozos que tienen recubrimiento y cuál es el material que lo recubre. La mayoría es en concreto y como podemos observar el 15%, es decir 8 pozos no tienen ningún tipo de recubrimiento lo que podría significar que funcionan como un tipo de pozo de infiltración ya que al no tener recubrimiento drena o filtra las aguas hacia el suelo.

Figura 18 *Pozo séptico con recubrimiento de ladrillo*

Nota. La figura 18 muestra una fotografía de un pozo séptico en la vereda San Juan Bosco que tiene sus paredes en ladrillo y una tapa hecha en mampostería, también se puede observar un pequeño tubo que sobresale de la tapa por el cual se airea el pozo.

Figura 19 Pozo séptico con recubrimiento de cemento



Figura 20 Pozo séptico sin recubrimiento



Nota. La figura 20 muestra un pozo séptico el cual no cuenta con ningún tipo de recubrimiento, únicamente se puede observar el ducto de ventilación.

10. El baño seco como alternativa sostenible.

10.1 Importancia del baño seco.

Un baño seco es una alternativa a los sistemas sanitarios convencionales ya que no usa agua para transportar los desechos, sino que se recogen esos desechos en un contenedor el cual separa líquidos de sólidos para luego ser desechados de forma segura o ser reutilizados por medio del compostaje.

En un mundo donde los desafíos ambientales y la escasez de recursos son cada vez más evidentes, la búsqueda de soluciones sostenibles para problemas cotidianos como el tratamiento de desechos humanos se vuelve necesaria. En este contexto, el baño seco emerge como una alternativa innovadora y eficiente, ofreciendo beneficios tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas.

Uno de los principales beneficios del baño seco es la conservación del agua. A diferencia de los sistemas de saneamiento convencionales que requieren grandes cantidades de agua para el transporte y tratamiento de desechos, los baños secos funcionan sin la necesidad de agua. Esta característica no solo ayuda a la preservación de recursos hídricos, sino que también reduce la huella hídrica asociada con la gestión de desechos humanos, promoviendo así la sostenibilidad a largo plazo.

Con la implementación del baño seco se eliminaría la necesidad de un sistema de alcantarillado, los baños secos se convierten en una opción viable para áreas rurales, comunidades remotas y regiones en desarrollo donde el acceso a servicios de saneamiento adecuados es limitado o inexistente. Esto reduce la carga sobre los sistemas de tratamiento centralizados, mitigando así el riesgo de contaminación ambiental y la propagación de enfermedades.

Además de su función como dispositivo de eliminación de desechos, los baños secos tienen el potencial de convertir los desechos humanos en recursos valiosos a través del proceso de compostaje. El compost producido a partir de los desechos recolectados en baños secos es una fuente rica en nutrientes y materia orgánica, que puede utilizarse como fertilizante para mejorar la calidad del suelo y promover el crecimiento de cultivos. Esta práctica no solo cierra el ciclo de nutrientes de manera sostenible, sino que también reduce la dependencia de fertilizantes químicos, mitigando así la contaminación del suelo y del agua.

Para este proyecto se tendrá en cuenta el modelo Human hure para el baño seco con depósitos separados debido a que es el más simple y económico. Para esto se necesitará de una compostera de exterior.

10.2 Componentes.

El baño seco consta principalmente de los siguientes componentes:

- La taza o inodoro en el que se evacuan las heces y orina, la taza tiene una separación para que los líquidos y sólidos se guarden en compartimentos diferentes.

Figura 21 Inodoro del baño seco



Nota. La figura 21 muestra la separación de la taza para desechos sólidos y líquidos. Adaptado de manual de construcción del baño ecológico.

- El depósito de orina es el lugar en la que se vierten los desechos líquidos.
- El depósito de las heces o cámara de secado es el lugar en el que caen los desechos sólidos y se mezclan con materia seca.
- La mezcla secante puede estar conformada por aserrín, ceniza, tierra, entre otros.

Figura 22 *Compartimentos del baño seco*

Nota. En la figura 22 se puede observar el interior de un baño seco con el depósito de líquidos y el depósito para sólidos.

10.3 Instalación del baño seco.

La instalación del baño seco es sencilla, pero puede variar dependiendo del diseño del modelo que se esté usando. Principalmente se requiere de un lugar plano, estable y de fácil acceso que esté retirado de alimentos y fuentes de agua potable. Debe situarse correctamente el depósito de heces y el de orina. Una vez instalado se debe tener preparada también la mezcla secante que puede ser aserrín, ceniza y tierra para verter una capa en el depósito de sólidos antes y después de ser usado.

10.4 Uso y mantenimiento.

Es muy importante que todos los miembros de la familia aprendan a usarlo correctamente para ampliar su vida útil y para que no se mezclen los desechos sólidos con los líquidos ya que llevan un tratamiento diferente. Para que una persona use el baño seco primero debe sentarse sobre la taza para garantizar que los desechos caigan dentro de la separación que le corresponde, al terminar la deposición debe verterse la mezcla secante en el depósito de sólidos y un poco de agua en el separador de líquidos para quitar los residuos de orina que queden en él. Por último, hay que lavarse las manos con agua y jabón.

Debe hacerse un mantenimiento regular. Cada vez que el contenedor de las heces esté por llenarse se le va a aplicar una generosa capa de la mezcla secante y se va a llevar a la compostera, luego debe limpiarse cuidadosamente con agua y jabón. Cuando el recipiente de la orina se llene puede ser usada inmediatamente como fertilizante para las plantas rociándola solo en la tierra, pero debe dejar de hacerse un mes antes de la cosecha en plantas de consumo crudo como la lechuga.

10.5 Compostaje y uso de los residuos.

El human hure representa un peligro para la salud pública porque puede contener organismos patógenos, por esto es necesario que la compostera no esté en contacto directo con el suelo ni con el agua y que no sea de fácil acceso para niños o animales. Para que los desechos no estén en contacto directo con el suelo debe hacerse una excavación en la base de mínimo medio metro de profundidad y se llenará con material orgánico como césped, hojas, hierbas y paja con el fin de que funcione como una esponja biológica y absorba los líquidos generados por las heces pero que a su vez deje pasar a los organismos beneficiosos para el compost como las lombrices o pequeños insectos. Después debe cercarse para que pueda contener el compost, puede hacerse con madera.

Figura 23 *Ejemplo de una compostera casera*



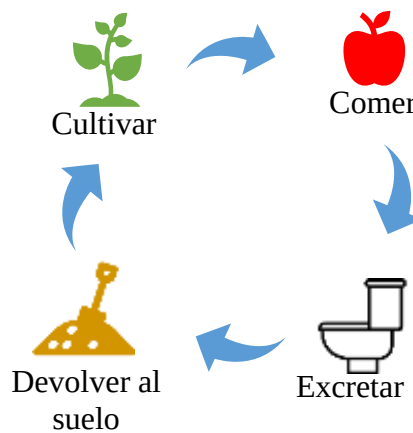
Nota. La figura 23 muestra un ejemplo de cómo se puede ver una compostera exterior casera.

Cada vez que los desechos se depositen en la compostera deberá cubrirse con una capa de material orgánico como hojas o césped hasta que el olor desaparezca. La lluvia en cierta medida favorece al compost para que mantenga la humedad y no se seque, pero durante lluvias fuertes o en zonas de mucha humedad es recomendable cubrirla con una bolsa de plástico o lona. Una vez

llena debe dejarse reposar alrededor de un año antes de ser usado como abono, este deberá tener la apariencia y olor a tierra húmeda.

En un ecosistema saludable, los ciclos de nutrientes son procesos dinámicos en los que los nutrientes son tomados por los organismos vivos, luego liberados nuevamente al ambiente a través de procesos como la descomposición de la materia orgánica, y finalmente reincorporados al sistema por medio de la absorción de las plantas y otros organismos. En un ciclo de nutrientes sin grandes interrupciones los nutrientes están constantemente siendo reciclados y disponibles para los organismos vivos en el ecosistema. Al fertilizar las plantas y cultivos con el compost producto del human hure se estaría cerrando el ciclo de nutrientes.

Figura 24 *Ciclo de nutrientes completo*



Nota. La figura 24 muestra cómo sería el ciclo de nutrientes ideal sin interrupciones.

11. Recomendaciones

- Entender la importancia sobre el lavado de manos, especialmente después de usar el baño y antes de comer. También debe contarse con instalaciones para lavarse las manos con agua limpia y jabón.
- La instalación, uso y mantenimiento ya sea de baños convencionales o secos debe hacerse de manera regular e higiénica ubicados lejos de fuentes de agua potable y comestibles.
- El agua para consumo debe ser potable y segura, Como la comunidad no tiene acceso a sistemas de tratamiento de agua potable se recomienda el uso de sistemas de tratamientos caseros como la instalación de filtros o la ebullición para reducir el riesgo de contraer enfermedades.
- También es importante eliminar criaderos de mosquitos y otros vectores de enfermedades limpiando y desinfectando contantemente los contenedores donde almacenan el agua, No dejarlos a la intemperie ni de fácil acceso para animales o para que caiga dentro cualquier tipo de contaminante.
- Para el tratamiento que están llevando; en el momento en que los pozos se desborden deben sacar los lodos con la indumentaria de bioseguridad necesaria para que de ser posible sean transportados a una planta de tratamiento de aguas residuales o en su defecto debe llevarse lejos y depositarse en un lecho de secado.
- Se recomienda que los pozos sépticos estén contruidos a más de 15 metros de distancia de los aljibes y que tengan recubrimiento interno para que los desechos no se filtren.
- Es importante que la comunidad deje atrás los prejuicios relacionados con las excretas y el uso del human hure, ya que culturalmente se tiene rechazo hacia ellos.

12. Conclusiones

- El acceso a agua potable y saneamiento adecuado es fundamental para el desarrollo sostenible y el cumplimiento de otros ODS, como la salud, la educación y la igualdad de género. Además, el indicador 6.2.1 destaca la importancia de la colaboración entre gobiernos, organizaciones internacionales, sector privado y sociedad civil para garantizar que todas las personas tengan acceso a las mismas oportunidades. Sin embargo, muchas regiones enfrentan desafíos en la mejora de la calidad del agua y el saneamiento, incluidos la contaminación, la escasez de recursos hídricos y la falta de infraestructura adecuada. Es fundamental redoblar los esfuerzos y la inversión en estas áreas para lograr avances significativos hacia el cumplimiento de los ODS y para promover un futuro más saludable y sostenible para todos.
- Se identificaron varios desafíos y limitaciones en el manejo de lodos sanitarios comúnmente presentes en entornos rurales, como la falta de infraestructura adecuada, los recursos limitados y las barreras culturales y sociales.
- Esta problemática que se presenta en la vereda es debido a factores geográficos y socioeconómicos ya que al ser un asentamiento tan retirado aún no hay redes de acueducto ni alcantarillado instaladas en el sector y por esto cada familia lo maneja de la forma que es asequible para ellos. Se requiere atención específica para garantizar la equidad en el acceso.
- Es preocupante que la comunidad no entienda la importancia del uso de elementos de bioseguridad al momento de tener contacto con excretas y residuos sanitarios.
- Se subraya la importancia de adoptar un enfoque integral que aborde no solo la provisión de servicios de agua potable y saneamiento, sino también otros aspectos relacionados, como la promoción de la higiene, la gestión sostenible de los recursos hídricos y la participación comunitaria.
- Aunque la mayoría de la población encuestada califica sus sistemas de tratamientos como regular (36%), malo (24%) o muy malo (17%) aún queda un porcentaje que está seguro de que el sistema es bueno (19%) o muy bueno (5%) y no son conscientes de los riesgos que eso conlleva.
- La implementación del baño seco en la vereda dependerá solo de si la comunidad desea comprarlo o fabricarlo manualmente con materiales reutilizados.

- Se destaca la participación activa de la comunidad de la vereda de San Juan Bosco por su amabilidad y sinceridad al proporcionar la información necesaria para la encuesta y permitir el ingreso a sus hogares.

Referencias bibliográficas

- Ardila Arias, N. (29, abril de 2019). El lío por el desalojo de 250 familias de un predio de Villavicencio. Diario El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/desalojo-de-predio-sebastopol-en-villavicencio-355130>
- Avirama Peñafiel, D (2022). Diagnostico de la problemática de aguas seguras y análisis de alternativas de tratamiento para aguas subterráneas en la vereda San Juan Bosco, sector II en el municipio de Villavicencio – Meta. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/52131>.
- Donado Hoyos, R. (2013). Plan de gestión para lodos generados en las ptar-d de los municipios de Cumaral y san Martín de los llanos en el departamento del Meta. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13496>
- Flórez Jiménez, M. (2016). Baño seco. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Parque Científico de Innovación Social, https://funcener.org/wp-content/uploads/2020/05/Ban%CC%83o_Seco.pdf
- Joseph Jenkins Inc., 143 Forest Lane, Grove City, PA 16127 USA; www.josephjenkins.com
- Kar, K. & Chambers, R. (2008). Scaling-up Community-Led Total Sanitation: From village to nation. IDS Working Paper, 297. Institute of Development Studies. <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/2902/Wp297.pdf?sequence=1>
- Kramer, H. (2018). Evaluating SDG Indicators 6.1.1 and 6.2.1 taking into Consideration the Importance of Gender Equality [Master`s Thesis]. Universität Stuttgart. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/10676/3/Thesis_Evaluating-SDG-Indicators-611-and-621_Kramer.pdf
- Lukas Ulrich, E. y Lüthi, C.. (2015). Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento. IWA, BID. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_Spanish_pdfs/compendio_sp.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Diagnóstico nacional de salud ambiental. minsalud.gov.co.

- <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (2017). Problemas globales del agua. un.org. <https://www.un.org/es/global-issues/water>.
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (2022). El agua. El centro de la crisis climática. un.org. <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water>
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (2023). Población mundial. un.org. <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Est%C3%A1%20previsto%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,y%2010.400%20millones%20en%202100>.
- Speece, R.E. (1996). Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Treatment. Environmental Science and Technolog. 17(9). <http://dx.doi.org/10.1021/es00115a001>
- Strande, L. (2016). The Water and Sanitation Hygiene Performance Index: A Tool for Effective WaSH Policy, Planning and Evaluation. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2194.5763>
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill
- Vesilind, P. A., & Morgan, S. M. (2016). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). Wiley.
- World Health Organization. (WHO). (2017). Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines. ONU. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512893>
- Yilmaz, A.E. (2013). Leaching of Heavy Metals from Contaminated Soils. EDTA. Environmental Pollution. 113(2). 111-120. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00176-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00176-7)