



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto
vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez de la comuna 1 de Medellín de la
infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.**

Ana Maria Arboleda Bonilla

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Sanitario

Modalidad de Práctica

Práctica Social

Asesores

Guillermo León Sepúlveda Quintero, Especialista (Esp) en Gerencia de proyectos

Jorge Andrés Trujillo Ossa, Magíster (MSc) en Educación y Desarrollo Humano

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Sanitaria

Medellín, Antioquia, Colombia

2026



Cita

(Arboleda Bonilla, 2026)

Referencia

Arboleda Bonilla, A. (2026). *Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger la huerta comunitaria de la comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.*

Estilo APA 7 (2020)

[Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Dedicatoria

A Dios, por iluminar mi camino, darme fortaleza en cada momento de dificultad y ser mi guía constante en todas las decisiones importantes de mi vida.

A mi familia, por su amor incondicional, por creer en mí incluso cuando las dudas aparecían, y por acompañarme con paciencia, apoyo y palabras de aliento durante todo este proceso.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a mi familia por confiar en mis capacidades y brindarme un apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Extiendo también mi gratitud al proyecto BUPPE *“Promovamos la sostenibilidad ambiental en entornos urbanos: una estrategia de articulación con la comunidad en el marco de las Prácticas Académicas de la Universidad de Antioquia”*, por permitirme participar y aportar al logro de sus objetivos.

De igual manera, agradezco a Ude@ – Educación Virtual por ofrecerme los espacios necesarios para realizar mis prácticas y continuar desarrollándome profesionalmente.

Manifiesto mi agradecimiento al ingeniero Guillermo León Sepúlveda Quintero por su orientación, su genuino interés en el desarrollo de este proyecto y su disposición y paciencia para resolver mis dudas. Asimismo, expreso mi gratitud al pedagogo Jorge Andrés Trujillo por su permanente acompañamiento y disponibilidad durante este proceso formativo.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Tabla de contenido

1. Resumen	10
2. Abstract	11
3. Introducción	12
4. Objetivos	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos.....	13
5. Marco teórico	14
5.1 Aguas residuales domésticas	15
5.2 Pasto Vetiver	16
5.3 Proceso de siembra del vetiver	17
5.4 Usos del pasto vetiver	18
5.5 Factibilidad.....	19
5.5.1 Factibilidad técnica	19
5.5.2 Factibilidad económica	19
5.5.3 Factibilidad social	20
6. Metodología	21
6.1 Fase de diagnóstico participativo	21
6.2 Fase de diseño y planificación	22
6.3 Fase de Implementación y divulgación.....	26
7. Resultados	28
8. Conclusiones y recomendaciones.....	30
Referencias	31

**Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto
vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la
infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.**

Anexos.....32

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Lista de tablas

Tabla 1 Ubicación de los esquejes	24
Tabla 2. Información del perfil topográfico	26

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Lista de figuras

Figura 1. Quebrada Cañada negra.....	14
Figura 2. Zona de quebrada cercana a La Huerta Escuela Esther Vásquez	21
Figura 3. Polígono de estudio Huerta.....	22
Figura 4. Ubicación de los esquejes	23
Figura 5. Gráfica perfil del terreno	25
Figura 6. Practicante en taller sobre siembra de pasto Vetiver	27
Figura 7. Siembra representativa de pasto Vetiver en La Huerta Escuela Esther Vásquez	28

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
Cm.	Centímetros
m	Metros
UdeA	Universidad de Antioquia

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

1. Resumen

El presente informe “*Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger la huerta comunitaria de la Comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra*” aborda una problemática ambiental y sanitaria que afecta directamente la seguridad alimentaria y el bienestar de la comunidad. La Huerta Escuela Esther Vásquez es fundamental para la integración social y la educación ambiental, se encuentra expuesta a la contaminación generada por descargas de aguas residuales que llegan a la quebrada aledaña. Ante esta situación, se propuso la implementación de una barrera viva con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), especie reconocida por su capacidad de absorber y degradar.

La metodología se desarrolló en tres fases: diagnóstico participativo, diseño y planificación, e implementación y capacitación. En la primera, se identificaron los riesgos ambientales con la participación de la comunidad y se reconoció la contaminación de la quebrada como principal amenaza para la huerta Escuela Esther Vásquez. En la segunda fase, se elaboró un diseño de siembra mediante el software QGIS, considerando las condiciones topográficas y la disposición óptima de las plantas. Finalmente, en la fase de implementación, se llevó a cabo la siembra de los esquejes de vetiver y se entregó una guía práctica para su cuidado, asegurando la sostenibilidad del proceso.

El proyecto permitió a la comunidad adquirir conocimientos sobre los beneficios del pasto vetiver, las técnicas de siembra y las zonas adecuadas para su desarrollo, fortaleciendo sus capacidades locales y su compromiso ambiental.

Palabras clave: biorremediación, pasto vetiver, huerta comunitaria, sostenibilidad ambiental

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

2. Abstract

The present report, “Implementation of a Bioremediation System Using a Living Vetiver Grass Barrier to Protect the Community Garden of Comuna 1 in Medellín from the Infiltration of Contaminated Water from the Cañada Negra Stream,” addresses an environmental and public health issue that directly affects the community’s food security and well-being. The Huerta Escuela Esther Vásquez plays a fundamental role in social integration and environmental education, yet it is exposed to pollution caused by wastewater discharges that reach the nearby stream. In response to this situation, the implementation of a living barrier made of vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*), a species known for its capacity to absorb and degrade contaminants, was proposed.

The methodology was developed in three phases: participatory diagnosis, design and planning, and implementation and training. In the first phase, environmental risks were identified with community participation, and contamination of the stream was recognized as the main threat to the Huerta Escuela Esther Vásquez. In the second phase, a planting design was developed using QGIS software, taking into account topographic conditions and the optimal arrangement of the plants. Finally, in the implementation phase, vetiver cuttings were planted, and a practical guide for their maintenance was provided, ensuring the sustainability of the process.

The project enabled the community to acquire knowledge about the benefits of vetiver grass, planting techniques, and suitable zones for its development, strengthening local capacities and environmental commitment.

Keywords: bioremediation, vetiver Grass, community garden, environmental sustainability

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

3. Introducción

La Huerta Escuela Esther Vásquez perteneciente a la Comuna 1 de Medellín se ha consolidado como pilar de la seguridad alimentaria, la integración social y la educación ambiental. Sin embargo, su ubicación en zonas aledañas a la quebrada cañada negra que reciben descargas de aguas residuales representa un riesgo sanitario y ambiental significativo, amenazando la integridad de los cultivos y la salud de los habitantes.

Para mitigar esta problemática, se propone un proyecto de biorremediación a través de la implementación de una barrera viva de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). El pasto vetiver es una especie vegetal reconocida globalmente por su capacidad de filtrar y degradar contaminantes presentes en el suelo y el agua gracias a su denso y profundo sistema de raíces.

Este informe detalla la metodología, el proceso de la implementación de dicha barrera en La Huerta Escuela Esther Vásquez de la Comuna 1. El objetivo principal es implementar esta solución como una estrategia sostenible y de bajo costo para proteger los cultivos de la infiltración de aguas contaminadas, integrando el conocimiento técnico de la ingeniería sanitaria con la participación de la comunidad. El proyecto no solo busca mitigar un riesgo ambiental inmediato, sino también generar capacidades locales y fomentar prácticas sostenibles que contribuyan a la mejora de la calidad de vida en el sector.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Implementar un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar la quebrada y condiciones del terreno y los riesgos asociados a la proximidad de la huerta con el río contaminado.
- Crear una guía de siembra del pasto vetiver que contemple métodos de propagación, cuidado y mantenimiento.
- Divulgar información a la comunidad sobre el papel de las plantas Fitoremediadoras en la protección ambiental y en la seguridad alimentaria.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

5. Marco teórico

En los últimos años en la ciudad de Medellín se ha establecido una red de huerteros que “busca generar espacios alternativos y colaborativos para reflexionar en torno a la multifuncionalidad de la agricultura urbana, mediante el intercambio de saberes y experiencias. Es una estrategia socioambiental de apropiación del territorio que puede ser replicada de manera autónoma por la ciudadanía y movimientos sociales en diferentes lugares de la ciudad” (Red de Huerteros Medellín, 2017, párr. 1). En la comuna 1 de Medellín se encuentra La Huerta Escuela Esther Vásquez que está cercana de la quebrada cañada negra, que “desemboca en el río Medellín, que se une en N 6° 18' 37", W 75° 33' 26" en el nodo OSM n2692849205, y allí fluyen 4 km de total aguas arriba” (WaterwayMap.org, s. f., párr. 1). Es un afluente monitoreado por el DAGRAN debido a que esta ha presentado avenidas torrenciales en los últimos meses. Tal como se aprecia en la Figura 1, la quebrada está ubicada cerca de las viviendas. A pesar de la falta de datos oficiales sobre la calidad de su agua, se ha confirmado mediante observaciones directas y reportes de la comunidad que el afluente recibe descargas de aguas residuales domésticas.

Figura 1. Quebrada Cañada negra



Nota. Fuente <https://waterwaymap.org>.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

5.1 Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas (ARD) son el resultado de una mezcla compleja de desechos generados en hogares y establecimientos comerciales. Sus componentes varían, pero generalmente se clasifican en físicos, químicos y biológicos, y pueden afectar gravemente los cultivos si llegan a ellos a través de ríos contaminados. Osorio-Rivera et al. (2021) explican que las características físicas principales son el olor, debido a la descomposición de materia orgánica; la temperatura, que aumenta por la actividad bioquímica y las descargas industriales; y la densidad, que varía según la concentración de sólidos. La turbiedad y el color son indicadores visuales de la presencia de partículas en suspensión, coloidales y disueltas. El contenido de sólidos se clasifica en sólidos totales y partículas según su tamaño (disueltas, coloidales, supracoloidales y sedimentables). Finalmente, el pH indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, siendo un factor clave para evaluar su calidad. Las aguas residuales contienen una gran variedad de organismos vivos, incluyendo patógenos peligrosos para la salud humana como bacterias, virus y parásitos.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales que aplican el agua directamente al suelo, una práctica común desde el siglo XIX, se basan en procesos naturales que involucran la interacción con el suelo, la vegetación y los microorganismos (Metcalf & Eddy, 1995, citado en Rodríguez-Valencia et al., 2022). Los filtros verdes son un sistema de tratamiento de agua que usa el suelo y la vegetación para eliminar contaminantes de las aguas residuales. Su proceso aprovecha la capacidad del sistema suelo-vegetación-microorganismos para degradar el efluente. Al ser bien diseñados, logran que el agua final cumpla con la normativa de vertido, e incluso se puede lograr un "cero descargas" si el agua es recirculada (Rodríguez-Valencia et al., 2022).

Las eficiencias del tratamiento que se consigue en estos sistemas suelen ser muy elevadas, del orden del 99% para los sólidos en suspensión, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y coliformes fecales. La eliminación de fósforo es igualmente muy alta si el suelo favorece la adsorción o precipitación de fosfatos. La eficiencia de depuración en cuanto a nitrógeno es variable,

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

dependiendo sobre todo del tipo de especies vegetales que se empleen (Martín, 1993, citado en Rodríguez-Valencia et al., 2022)

La fitorremediación es una técnica incluida dentro de la biorremediación, que emplea plantas capaces de tolerar, adsorber, absorber y/o volatilizar altas concentraciones de contaminantes. Entre sus principales ventajas se encuentran la facilidad de ejecución, el bajo costo en comparación con otras metodologías, su eficiencia ambiental y el hecho de que no requiere el uso de sustancias químicas peligrosas para su implementación, operación ni mantenimiento. La efectividad de esta técnica se fundamenta en prácticas comunes agroquímicas que buscan llegar al estado óptimo que debe tener el recurso hídrico y suelo. (Cordero, 2015)

5.2 Pasto Vetiver

El pasto vetiver es una gramínea perenne originaria de India, que crece en macollos con tallos erguidos de hasta 1,5 m y hojas largas y angostas. Presenta inflorescencias estériles, por lo que se reproduce con dificultad. Su rasgo más destacado es su sistema radical profundo y denso, que puede alcanzar hasta 4 m de profundidad, lo que le confiere gran resistencia a la sequía y a la erosión por viento o agua. (Alegre, 2007, citado en Rodríguez-Valencia et al., 2022). Algunas características fisiológicas de la planta es que puede soportar sequías extremas debido a su alto contenido de sales en la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos períodos, con reportes de hasta 45 días de inundación en el terreno (Alegre, 2007, citado en Rodríguez-Valencia et al., 2022). Presenta tolerancia a variaciones climáticas extremas y temperaturas extremas de -15°C a +55°C.

Otro aspecto particular del pasto vetiver es su alto régimen de transpiración, que juega un papel clave en la fitorremediación de aguas residuales, debido al hecho que la planta transpira suficiente agua del medio de cultivo que puede remover efectivamente los contaminantes. Se ha establecido una correlación de 1,0 kg de biomasa seca en forma de brotes de pasto vetiver, con un uso de 6,86 L de agua/d. El pasto vetiver de 12 semanas, con una cosecha de materia seca estimada en 40,7 t ha⁻¹, al máximo de su ciclo de producción, usa aproximadamente 279 m³ de agua/ha-d, equivalente a 28 L de agua/m²-d (Truong & Danh, 2015, citado en Rodríguez-Valencia et al., 2022).

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Se realizó una investigación por (Hemalatha, Uma, & Muthulakshmi, 2021, p. 3795) en la cual se utilizó hierba vetiver. Las plantas superaban los 1,5 metros de altura y sus raíces, de aproximadamente 90 centímetros, se extendían tanto horizontal como verticalmente. Se determinó que las raíces de la hierba eran el factor principal en el proceso de purificación. Se analizó una muestra de agua durante tres días, con intervalos de tres días entre cada análisis y el día inicial. Las lecturas del primer día se compararon con las de los demás días, observándose así la variación de los valores en función del tiempo. Los resultados muestran una baja contaminación del agua, lo que permite su uso para diversos fines domésticos.

En 2016, Santana y Santos evaluaron la eficiencia del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) ex situ para remover contaminantes orgánicos en aguas del río Muerto, Ecuador. Se utilizó un diseño completamente al azar con distintos números de esquejes (30, 12 y 2) bajo condiciones hidropónicas y un control, monitoreando OD, DBO, turbidez, pH, salinidad y remoción de N y P durante cuatro semanas. Los resultados mostraron que el río presentaba alta materia orgánica (DBO 1975 mg/L) y bajo OD (0,51 mg/L). Los esquejes de vetiver lograron remover contaminantes y aumentar el OD desde la primera semana, demostrando su adaptabilidad y efectividad.

5.3 Proceso de siembra del vetiver

Alegre Orihuela (2007) explica que la propagación del pasto vetiver se realiza principalmente por esquejes, lo que garantiza mantener sus características genéticas. Un esqueje corresponde a un fragmento de tallo y hojas de unos 20 cm con raíces de hasta 5 cm. En caso de no disponer de material propio, este puede obtenerse de agricultores con experiencia en su manejo. El objetivo de la propagación es contar con plantas proveedoras en parcelas uniformes y emplearlas en la conservación de suelos y agua. El procedimiento consiste en recortar tallos y raíces, limpiar los restos de suelo y agrupar los esquejes en paquetes que se sumergen en agua durante algunos días hasta que las raíces alcancen entre 0,5 y 1 cm, momento en el que están listos para el trasplante. La preparación del terreno requiere nivelación, mullido y aplicación de compost o abonos orgánicos para mejorar la retención de humedad. El trasplante puede realizarse con espaciamientos

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

de 0,5 x 0,5 m (20.000 esquejes/ha) o de 1 x 1 m (10.000 esquejes/ha), enterrando las raíces a 5 cm de profundidad y asegurando buen contacto con el suelo.

Durante los primeros 15 días el riego debe ser frecuente y luego más espaciado, complementando con fertilización ligera a los 2-3 meses. A los 4 meses, las inflorescencias deben cortarse para revitalizar la planta y promover nuevos brotes. En un periodo de 11 a 12 meses se pueden obtener esquejes de buena calidad para nuevas siembras, asegurando la sostenibilidad del cultivo.

5.4 Usos del pasto vetiver

En el manual sobre uso y manejo del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, (Alegre Orihuela, (2007) se presentan algunos de los muchos usos que tiene este pasto.

1. Para la conservación de diques de defensa de los ríos ya que impide que la erosión los devuelva a los campos.
2. Cobertura vegetal o mulch alrededor de los árboles y que son cortados de los bordes de vetiver
3. Protección de las terrazas de mampostería o barreras de rocas
4. Protección de los bordes de caminos y los taludes circundantes
5. Protección de acueductos
6. También los brotes tiernos se pueden usar como forraje para la alimentación de ganado
7. Las hojas se pueden usar para la elaboración de compost
8. También sirven de rompevientos en la protección de árboles jóvenes de frutales y de madera.
9. En algunos lugares han sido usados como corta incendios
10. Diferentes artesanías con las hojas y las raíces
11. Como biofiltro de aguas residuales
12. Limpieza de aguas contaminadas en piscinas de oxidación
13. En algunas experiencias en Asia se encontró que el extracto de la raíz controlaba la *Solmonella Typha*, *Staphylooccus aureus* y *Pseudomonnas aeruginosa*

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

14. También sirve como repelente de insectos y podría servir como controlador de plagas contra la malaria y dengue
15. Estabilización del terreno, así como de estructuras como presas canales y caminos

5.5 Factibilidad

En la implementación de un proyecto siempre es importante realizar un análisis de factibilidad técnicos, económicos y sociales.

5.5.1 Factibilidad técnica

La siembra de pasto vetiver cerca de la quebrada contaminada resulta técnicamente viable debido a las características propias de la especie. El vetiver presenta un sistema radicular profundo y denso, capaz de actuar como barrera viva para reducir la infiltración y el arrastre de contaminantes hacia la huerta. Su establecimiento no requiere maquinaria especializada ni herramientas complejas; basta con instrumentos básicos de trabajo agrícola, lo cual facilita su implementación por parte de la comunidad.

Además, el manejo del vetiver no demanda conocimientos técnicos avanzados. Las labores de siembra y mantenimiento pueden ser realizadas por personas con experiencia básica en agricultura, apoyadas en la guía práctica entregada durante el proyecto, la cual proporciona instrucciones claras y accesibles

5.5.2 Factibilidad económica

Desde la perspectiva económica, el proyecto es altamente viable. El costo de los esquejes es bajo —alrededor de cinco mil pesos colombianos por unidad— y, una vez las plantas alcanzan su madurez, es posible obtener nuevos esquejes a partir de ellas, lo que reduce significativamente la inversión a mediano y largo plazo.

La siembra y el mantenimiento no requieren mano de obra especializada, lo cual disminuye costos operativos. Adicionalmente, los insumos necesarios son mínimos y económicos, por lo que el proceso no representa una carga financiera elevada para la comunidad o la huerta.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

5.5.3 Factibilidad social

En el componente social, la implementación del vetiver demuestra un alto grado de aceptación y beneficio comunitario. Las actividades de siembra promueven el trabajo colectivo, fortalecen la participación y el sentido de pertenencia hacia la huerta, y contribuyen al cuidado de los entornos naturales cercanos.

La accesibilidad del proceso —al no requerir conocimientos técnicos complejos— permite que personas de distintas edades y niveles educativos puedan involucrarse. Asimismo, la guía de uso y cuidado entregada a la comunidad facilita la apropiación del conocimiento y asegura la continuidad del proyecto de manera autónoma.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

6. Metodología

La metodología que se llevó a cabo se realizó por fases, diagnóstico participativo, diseño y planificación e implementación y divulgación.

6.1 Fase de diagnóstico participativo

Esta fase inicial se centra en la identificación de la problemática directamente con la comunidad. Se busca entender las necesidades y preocupaciones de los huerteros a través del diálogo, confirmando que la contaminación de la quebrada es la principal amenaza para la Huerta Escuela Esther Vásquez. Se realiza una inspección de campo, en la cual se identificó la cercanía de la huerta con la quebrada como se expone en la figura 2 esto permite dimensionar el problema y su alcance.

Figura 2. Zona de quebrada cercana a La Huerta Escuela Esther Vásquez



Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

6.2 Fase de diseño y planificación

Basándose en el diagnóstico inicial, se procede a identificar soluciones de bajo costo y fácilmente replicables. A partir de esta búsqueda, se determina que el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) constituye la alternativa más viable para implementar en la zona.

Durante la visita de campo se realizaron registros fotográficos con el fin de obtener las coordenadas precisas del área de estudio. Posteriormente, mediante el software QGIS (Sistema de Información Geográfica), se georreferenció el terreno utilizando imágenes satelitales obtenidas de EARTHDATA de satélite, el mapa base de Google y las coordenadas capturadas en campo. Con esta información se construyó el polígono correspondiente a la zona de estudio, como se presenta en la Figura 3.

Figura 3. Polígono de estudio Huerta



Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Asimismo, con base en la literatura existente sobre metodologías de siembra en laderas y áreas cercanas a cuerpos de agua, se definieron los puntos donde se establecerían las plantas de vetiver, cada uno con sus respectivas coordenadas. Estos se ilustran en la Figura 4 y se detallan en la Tabla 1.

Figura 4. *Ubicación de los esquejes*



**Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto
vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la
infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.**

Tabla 1
Ubicación de los esquejes

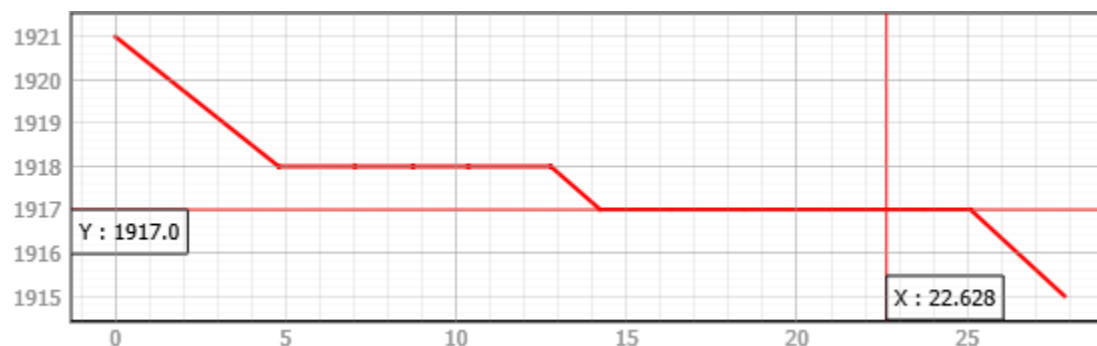
Esquejes	Coordenadas		Distancia (m)
	4719449.79	2254614.82	0
1			
	4719449.31	2254614.93	0.493
2			
	4719448.82	2254615.03	0.503
3			
	4719448.32	2254615.15	0.516
4			
	4719447.83	2254615.26	0.495
5			
	4719447.34	2254615.39	0.508
6			
	4719446.85	2254615.5	0.506
7			
	4719446.36	2254615.63	0.508
8			
	4719445.85	2254615.72	0.512
9			
	4719445.36	2254615.84	0.506
10			
	4719444.88	2254616	0.507
11			
	4719444.4	2254616.14	0.504
12			
	4719443.91	2254616.26	0.506
13			
	4719443.42	2254616.38	0.498
14			
	4719442.94	2254616.53	0.504
15			
	4719442.45	2254616.67	0.511
16			
	4719441.97	2254616.8	0.501
17			
	4719441.49	2254616.93	0.498
18			
	4719441	2254617.02	0.491
19			
	4719440.52	2254617.15	0.498
20			
	4719440.04	2254617.29	0.497
21			
	4719439.54	2254617.4	0.514
22			
	4719439.06	2254617.5	0.493
23			
	4719438.56	2254617.63	0.518
24			
	4719438.05	2254617.75	0.518
25			
	4719437.55	2254617.8	0.506
26			
	4719437.06	2254617.94	0.511
27			

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

28	4719436.57	2254618.08	0.511
29	4719436.06	2254618.19	0.516
30	4719435.58	2254618.33	0.501
31	4719435.11	2254618.49	0.497
32	4719434.61	2254618.58	0.512
33	4719434.12	2254618.69	0.495
34	4719433.64	2254618.85	0.505

Además, se generó en QGIS, mediante la herramienta *Profile Tool*, el perfil topográfico del terreno. Esto permite visualizar la forma del relieve y entender mejor las pendientes y desniveles presentes en la huerta comunitaria (ver figura 5). Con esta información es posible identificar las zonas más seguras para la siembra, evaluar el riesgo de deslizamientos y planificar adecuadamente el uso del suelo para evitar pérdidas y garantizar un manejo sostenible del espacio.

Figura 5. Gráfica perfil del terreno



En la tabla 2 se presenta la información de los puntos tomados para sacar el perfil del terreno.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Tabla 2. Información del perfil topográfico

Distancia (m)	Coordenadas		Altitud (msnm)
0.0	4.406.248.085.953.000	6.961.696.088.585.700	1921
4.792.169.980.730.270	4.406.261.424.464.670	6.961.742.090.050.590	1918
7.022.257.189.041.940	44.062.667.474.385.400	6.961.763.734.142.980	1918
873.265.600.023.986	4.406.272.091.129.730	696.177.997.239.175	1918
10.355.282.784.963.100	44.062.720.289.770.400	6.961.796.189.923.010	1918
12.774.151.980.409.500	4.406.282.757.794.080	6.961.817.854.733.350	1918
14.230.504.089.762.600	4.406.288.111.843.680	6.961.831.390.060.510	1917
16.290.096.995.012.000	44.062.961.480.973.700	6.961.850.341.590.450	1917
18.453.599.374.798.200	4.406.296.065.226.230	6.961.871.964.965.760	1917
21.004.904.453.710.300	44.063.094.969.644.600	6.961.893.640.135.760	1917
22.627.531.238.899.200	4.406.309.434.810.750	6.961.909.857.667.370	1917
23.742.574.842.829.200	4.406.312.096.296.800	696.192.067.971.408	1917
25.094.763.830.486.600	44.063.201.636.266.800	6.961.931.522.478.820	1917
27.852.699.043.682.200	44.063.254.658.804.200	6.961.958.572.416.380	1915

6.3 Fase de Implementación y divulgación

Una vez finalizado el diseño, se elaboró una guía práctica para el uso y el cuidado del pasto vetiver, la cual se empleó como herramienta de apoyo durante el proceso de siembra y para su mantenimiento posterior (véase Anexo 1).

Posteriormente, se llevó a cabo un taller de capacitación con los huerteros (figura 6), cuyo propósito fue socializar el proyecto y explicar de manera detallada la importancia y los beneficios del pasto vetiver. Durante el taller, se instruyó a los participantes en las técnicas adecuadas de siembra y cuidado de la planta y se realizó una actividad práctica de siembra en distintas áreas de la huerta, tal como se muestra en la figura 6 y 7. También se divulgó información sobre vetiver el recorrido #1 lectura integral del territorio en el proyecto BUPPE.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Figura 6. Practicante en taller sobre siembra de pasto Vetiver



Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Figura 7. Siembra representativa de pasto Vetiver en La Huerta Escuela Esther Vásquez



7. Resultados

La ejecución del proyecto permitió llevar una idea sostenible y replicable (un sistema de biorremediación basado en la siembra de pasto vetiver en La Huerta Escuela Esther Vásquez) con el fin de mitigar la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra. A lo largo del proceso, se logró sembrar cuatro esquejes, dos para evitar la infiltración del agua contaminada y dos en puntos estratégicos para amarrar taludes, y se brindó a la comunidad todas las orientaciones necesarias para garantizar que la siembra se desarrollara de manera adecuada. Aunque los resultados medibles dependen del crecimiento y profundización del sistema radicular del vetiver —un proceso que requiere tiempo—, la estructura inicial quedó implementada correctamente y en condiciones óptimas para comenzar a cumplir su función.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Se intentó obtener información técnica sobre la quebrada y su estado actual; sin embargo, no existían datos disponibles de monitoreos o mediciones recientes. Por esta razón, fue necesario recurrir al conocimiento de la comunidad, quienes indicaron los niveles máximos alcanzados por las crecientes y describieron las condiciones generales del cuerpo de agua. Según sus observaciones y las características físicas evidentes, la quebrada presenta una alta turbiedad, probable presencia de coliformes fecales debido a la descarga de aguas residuales provenientes de varias viviendas, abundancia de sólidos suspendidos, un color real elevado y un olor y coloración que resultan inaceptables. Con ello fue posible reconocer los riesgos asociados al paso de aguas contaminadas y comprender mejor la dinámica del terreno, lo que facilitó ubicar de manera precisa la barrera viva. A partir de este diagnóstico, se fortaleció la comprensión comunitaria sobre el funcionamiento ecológico del vetiver y su utilidad como herramienta natural de protección, especialmente en entornos vulnerables de ladera.

Como parte del acompañamiento, se elaboró una guía práctica en Canva, que es una herramienta online de diseño gráfico gratuita. Dicha guía quedó a disposición de La Huerta Escuela Esther Vásquez como material de consulta para el manejo, mantenimiento y posible réplica del sistema en otros espacios. Esta herramienta, junto con las actividades pedagógicas realizadas en articulación con el programa BUPPE, permitió socializar ampliamente la información y aumentar el nivel de apropiación del proceso por parte de los participantes. La comunidad demostró interés, disposición y capacidad para continuar con el cuidado de las plantas, reconociendo el potencial del vetiver como estrategia ambiental sostenible y replicable en el territorio.

En conjunto, los avances obtenidos evidencian que la intervención no solo logró instalar una medida efectiva de protección para La Huerta Escuela Esther Vásquez, sino que también fortaleció el conocimiento local y dejó capacidades instaladas para garantizar la continuidad y evolución del sistema de biorremediación en el tiempo.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

8. Conclusiones y recomendaciones

La implementación de la barrera viva con pasto vetiver en La Huerta Escuela Esther Vásquez de la Comuna 1 de Medellín permitió que los participantes conocieran los múltiples beneficios de esta planta, especialmente su capacidad para proteger el suelo, controlar la erosión y contribuir al equilibrio ambiental del territorio. Durante el proceso, la comunidad aprendió las técnicas adecuadas para sembrar y cuidar el pasto vetiver, así como las zonas más apropiadas para su desarrollo, fortaleciendo sus capacidades y promoviendo la autonomía en el manejo de la huerta. Además, se entregó una guía práctica que recopila la información necesaria para su mantenimiento y replicación, asegurando la continuidad del aprendizaje.

Los participantes expresaron satisfacción y alegría por los resultados obtenidos y por la mejora visible en su entorno, lo que generó un mayor sentido de pertenencia y compromiso con el proyecto. Finalmente, se dejó implementado un plano de siembra que quedará a disposición de la comunidad, facilitando la sostenibilidad de la iniciativa y la planificación de futuras expansiones de la barrera viva.

Es importante resaltar que este proceso requiere seguimiento para evaluar su evolución y garantizar su efectividad a largo plazo. Asimismo, la experiencia puede replicarse en otras zonas de la comuna, promoviendo la recuperación ambiental y la protección del suelo en diferentes espacios comunitarios. Incluso puede considerarse como una propuesta para futuros presupuestos participativos, con el fin de desarrollar siembras masivas de vetiver y ampliar el impacto positivo en el territorio.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Referencias

- Alegre Orihuela, J. (2007). *Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides)*. Instituto de Investigación en Agricultura y Recursos Biológicos, Universidad Nacional de Cajamarca. Manual.
- Cordero Casallas, J. K. (2015). *Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca Furatena Alta en el municipio de Útica, Cundinamarca* (Trabajo de grado, Universidad Libre, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Ambiental). Bogotá, Colombia.
- Hemalatha, G., Uma, S. G., & Muthulakshmi, S. (2021). Sewage water treatment using vetiver grass. *Materials Today: Proceedings*, 46(9), 3795–3798. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.031>
- Osorio-Rivera, M. A., Carrillo-Barahona, W. E., Negrete-Costales, J. H., Loor-Lalvay, X. A., & Riera-Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Ciencias Naturales*, 15(1), páginas.
- Red de Huerteros Medellín. (2017). *¿Quiénes somos?* Red de Huerteros Medellín. Recuperado el 25 de septiembre de 2025, de <https://concepto.de/pagina-web/>
- Rodríguez-Valencia, N., Quintero-Yepes, L., & Castañeda, S. A. (2022). *Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y cero descargas de las aguas residuales de la finca cafetera*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0029>
- Santana, X., & Santos, J. (2016). *Eficiencia del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) ex-situ en la remoción de contaminantes orgánicos: Caso de estudio río Muerto, Cantón Manta*.
- WaterwayMap.org. (s. f.). *Quebrada Cañada Negra*. WaterwayMap.org. Recuperado de <https://waterwaymap.org/river/Quebrada%20Ca%C3%B1ada%20Negra%200002692848696/>

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Anexos

En esta sección se incluyen los anexos del informe de práctica social, los cuales proporcionan material complementario que respalda y amplía la información presentada en el documento. Entre los anexos se encuentran registros fotográficos de las visitas realizadas a la Comuna 1, en particular a La Huerta Escuela Esther Vásquez y a los talleres en los que se participó.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Anexo 1. Fotografía de Doña Cecilia Manco viernes 26 de septiembre 2025 (fue autorizada)



Anexo 2.

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.



Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Anexo 3. Huerta



Anexo 4. Taller Lectura integral del territorio

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.



Anexo 5. Actividad en el taller Lectura integral del territorio

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.



Anexo 1. Autoarchivo en Repositorio y documentos de interés

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Consulte el instructivo de autoarchivo en el este [enlace](#).

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Póster

Escuela Ambiental

Implementación de un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger la Huerta Escuela Esther Vásquez de la comuna 1 de Medellín de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la quebrada cañada negra.



ESTUDIANTE: Ana Maria Arboleda Bonilla

PROGRAMA: Ingeniería Sanitaria

ASESOR(ES): Guillermo León Sepúlveda Quintero,
Jorge Andrés Trujillo Ossa

SEMESTRE: 2025-2

Introducción

La Huerta Escuela Esther Vásquez, ubicada en la Comuna 1 de Medellín, enfrenta riesgos sanitarios y ambientales debido a la cercanía con la quebrada Cañada Negra, afectada por la descarga de aguas residuales. Ante esta situación, el presente trabajo propone en el marco del Proyecto BUPPE de la UdeA- Acciones por el Clima la implementación de una barrera viva con pasto vetiver como estrategia de biorremediación, orientada a la protección sostenible de los cultivos y al fortalecimiento de los conocimientos ambientales de la comunidad.

Objetivos

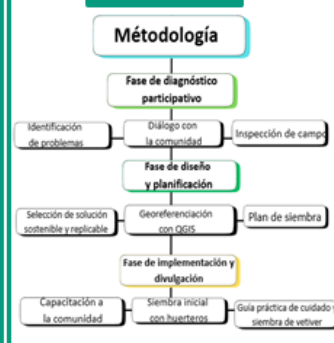
General

Implementar un sistema de biorremediación mediante una barrera viva de pasto vetiver para proteger La Huerta Escuela Esther Vásquez de la infiltración de aguas contaminadas provenientes de la Quebrada Cañada Negra.

Específicos

- ➔ Crear una guía de siembra del pasto vetiver que contemple métodos de propagación, cuidado y mantenimiento.
- ➔ Identificar la quebrada y condiciones del terreno y los riesgos asociados a la proximidad de la huerta con el río contaminado.
- ➔ Divulgar información a la comunidad sobre el papel de las plantas Fitorremediasoras en la protección ambiental y en la seguridad alimentaria.

Metodología



Resultados

- ➔ Se realizó una siembra de pasto vetiver en la Huerta Escuela Esther Vásquez
- ➔ Pese a la ausencia de datos técnicos, fue posible realizar un análisis de la calidad del agua a partir de los saberes comunitarios y la observación directa en campo, lo que permitió obtener una comprensión significativa de su estado y problemáticas asociadas.
- ➔ Se fortaleció la formación de la comunidad mediante talleres relacionados con el tema de estudio, se elaboró una guía práctica de siembra y se logró despertar el interés por el abordaje de nuevos temas ambientales.



Taller 1. En el Barrio Popular 1



Siembra de Pasto Vetiver



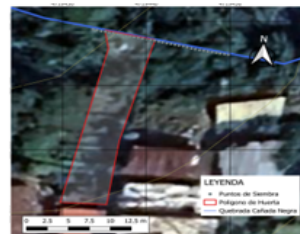
Quebrada Cañada Negra- Comuna 1



Huerta Escuela Esther Vásquez- Recorrida con Huerteros y huerteros

Conclusiones

- ➔ La implementación de la barrera viva con pasto vetiver permitió a la comunidad reconocer sus beneficios ambientales, especialmente en la protección del suelo, el control de la erosión y el mejoramiento del entorno.
- ➔ La elaboración y entrega de una guía práctica y un plano de siembra garantizan la continuidad, replicabilidad y sostenibilidad de la iniciativa.
- ➔ Mediante talleres prácticos, la comunidad adquirió habilidades para la siembra, cuidado y mantenimiento del pasto vetiver, promoviendo la autonomía en el manejo de la huerta.
- ➔ Es viable replicar en otros sectores de la comuna la siembra y requiere seguimiento a largo plazo, pudiendo integrarse en futuras propuestas de presupuestos participativos para ampliar su impacto ambiental y social.
- ➔ El proyecto generó satisfacción, sentido de pertenencia y compromiso comunitario, evidenciado en la mejora visible del espacio intervenido.



Mapa con la georreferenciación del terreno



DATOS DE CONTACTO DEL AUTOR
Ana Maria Arboleda Bonilla
Ana.arboleda2@udea.edu.co



Escanea este QR para conocer más sobre el Proyecto y conocer la guía de siembra