

**Evaluación de un Sistema de Biojardinera como Alternativa de Tratamiento de Aguas
Jabonosas Proveniente de la finca las Parcelas.**

Edwin Rengifo Guerra y Cesar Augusto Rodríguez

Proyecto de Grado Presentado para Optar el Título de
Ingeniero Ambiental

Director

Ing. Walter Ariza

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Ingeniería Ambiental

CCAV Pitalito

2018

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pitalito, Octubre de 2018

Dedicatoria

En un mundo donde se desconoce la importancia de la naturaleza en la vida humana, se hace necesario crear y despertar una conciencia ecológica que nos permita la conservación de nuestra flora y fauna; como también su respeto. Por eso, este trabajo va dedicado a todos aquellos que desde su contexto y realidad buscan que este mundo siga siendo fascinante y encantador tanto para las generaciones presentes y futuras.

No podemos ser egoístas y así como nos preocupamos por cosas superficiales, seamos más bien responsables con un medio que nos pide se recupere su otra parte; pues la verdad lo hemos dejado en medio ambiente ya que hemos acabado la otra parte, que trabajos como este siga dándose para que todos conservemos nuestro mundo, mientras haya personas que amen y valoren la naturaleza, seremos eternos en un mundo maravilloso.

Dedicatoria a Dios por permitirme la oportunidad de realizar grandes logros en la vida, a mis padres que con su apoyo y gran esfuerzo me brindaron la oportunidad de estudiar, a mis hermanos por su persistencia en el propósito de luchar por mejorar cada día, abuelos, tíos, primos y amigos por su motivación. (Rengifo Guerra Edwin).

Dedicatoria a Dios por darme sabiduría y permitirme lograr mis metas, a mi tía María Sánchez que ya no se encuentra con migo, a mi esposa Claudia Lorena Sandoval mi hija mis padres y hermanos amigos compañeros de estudio que han estado en este proceso dándome el apoyo y el reconocimiento de mi esfuerzo. (Rodríguez Sánchez Cesar).

Agradecimientos

Un agradecimiento especial al ingeniero Walter Ariza Camacho, director del proyecto de investigación, por creer en nuestras habilidades como estudiantes, por orientar, aportar y compartir sus grandes conocimientos y motivación incondicional en buscar mejorar cada día.

Agradecer a Claudia Lorena Sandoval, profesión Bióloga. Agradecimiento por compartir sus conocimientos frente a temas botánicos, sugerencias del proyecto y motivación que fueron clave en el desarrollo de este documento.

De igual manera a Martha Adriana Peña, por guiarnos y tener paciencia en laboratorio de las diferentes muestras de agua realizada, por sus sugerencias en temas de proyectos con fitorremediación en donde es destacable sus conocimientos.

Contenido

Introducción	14
2. Planteamiento del problema.....	15
3. Justificación.....	16
4. Objetivos	17
4.1 General	17
4.2 Específicos	17
5. Marco Teórico.....	18
5.1 La biojardinera	18
5.2 Procesos de la biojardinera.....	18
5.3 Características de los Jabones y detergentes	19
5.3.1 Surfactantes anicónicos.....	19
5.3.2 Composición de las aguas grises o jabonosas.....	21
5.3.3 Los jabones y el medio ambiente.....	21
5.4 Características de las aguas jabonosas	24
5.5 Análisis de biorremediación de heliconias y papiros	25
5.6 Parámetros evaluados en el sistema biojardinera.....	26
5.6.1 Remoción de grasas y aceites.....	26
5.6.2 Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	26
5.6.3 Remoción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	27

5.6.4 Remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	27
5.6.5 Remoción de Sólidos Sedimentables (SSED).....	27
5.6.6 Remoción de Compuesto de Fósforo.....	28
5.6.7 Remoción de Compuestos Nitrogenados.....	29
5.6.8 Remoción de Detergentes y Tensioactivos.....	30
5.6.9 Parámetro de pH.....	30
5.7 Normatividad Colombiana.....	30
6. Metodología.....	33
6.1 Tipo y nivel de investigación.....	33
6.2 El método.....	33
6.3 Fuentes de información.....	33
6.4 Sitio de estudio.....	34
6.5 Entrevistas semi-estructuradas y recorridos de campo.....	35
6.6 Diseño y construcción de la biojardinera.....	36
6.7 Especies de plantas utilizadas en la biojardinera.....	37
6.8 Evaluación de resultados.....	38
6.9 Socialización de los resultados.....	39
7. Resultados y discusión.....	41
7.2 Construcción de la biojardinera.....	43
7.2.1 Condición del terreno.....	43

7.2.2 Trabajo inicial.	44
7.2.3 Excavación.	45
7.2.4 Verificación de medidas.....	46
7.2.5 Adecuación del plástico.	46
7.2.6 Preparación de los tubos de PVC.....	47
7.2.7 Adecuación de los materiales.....	48
7.2.8 Paso para la construcción del tratamiento primario.	50
7.2.9 Siembra de las plántulas Heliconias y papiros.	52
7.3 Caudal promedio semanal	54
7.4 Análisis de muestra en laboratorio.....	55
7.4.1 Resultados en laboratorio Parámetro de pH.....	55
7.4.2 Resultados en laboratorio para Grasas y aceites.	56
7.4.3 Resultados en laboratorio para Demanda Química de Oxígeno (DQO).	56
7.4.4 Resultados en laboratorio para Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5).	57
7.4.5 Resultados en laboratorio para Solidos Suspendidos Totales (SST).	57
7.4.6 Resultados en laboratorio para Solidos sedimentables (SSED).....	57
7.4.7 Resultados en laboratorio para Fosforo (leído como Ortofosfatos).	58
7.4.8 Resultados en laboratorio para Compuestos Nitrogenados.....	58
7.4.9 Resultados en laboratorio para Detergentes y Tensoactivos (SAAM).....	59
7.5 Análisis socialización de la encuesta	60

7.6 Análisis del Proyecto.....	61
7.7 Modos de reutilización del agua tratada.....	61
8. Conclusiones	62
9. Recomendaciones.....	63
10. Bibliografía	64
11. Anexos.....	69
11.1 Anexos de encuesta	69
11.2 Anexo socialización de implementación proyecto Biojardinera.....	72
11.3 Anexo fotográfico en laboratorio	73
11.4 Anexo costo de materiales de construcción de Biojardinera.....	75

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Localización Geografía Finca Las Parcelas.	34
<i>Figura 2.</i> Vivienda y Vertimiento de Aguas Jabonosas Quebrada La Criolla.....	35
<i>Figura 3.</i> Diseño de Biojardinera.....	37
<i>Figura 4.</i> Especies utilizadas en la construcción de la biojardinera.	38
<i>Figura 5.</i> Identificación vertido de aguas contaminadas.	42
<i>Figura 6.</i> Zona de Implementación Biojardinera.	43
<i>Figura 7.</i> Área de Construcción.....	44
<i>Figura 8.</i> Área Delimitada de Construcción.	44
<i>Figura 9.</i> Herramienta de Nivel de Terreno.....	45
<i>Figura 10.</i> Proceso de Excavación.....	45
<i>Figura 11.</i> Verificación de Medidas y niveles de Biojardinera.	46
<i>Figura 12.</i> Medidas de la Biojardinera.	46
<i>Figura 13.</i> Adecuación de Plástico.	47
<i>Figura 14.</i> Adecuación de Tuberías PVC.	47
<i>Figura 15.</i> Preparación de Tubos en PVC.	48
<i>Figura 16.</i> Medidas Para la Determinación de Materiales.	48
<i>Figura 17.</i> Adecuación de Materiales y tubería.	49
<i>Figura 18.</i> Finalización llenado de piedra y gravilla.	49
<i>Figura 19.</i> Adecuamiento de tubería hacia trampa grasas.	50
<i>Figura 20.</i> Construcción del Sistema Trampa Grasas.	51
<i>Figura 21.</i> Diseño de trampa grasas implementado.....	51

<i>Figura 22.</i> Funcionamiento de trampa grasas.....	52
<i>Figura 23.</i> Adecuación de plántulas para su siembra.	52
<i>Figura 24.</i> Siembra de plántulas en la biojardinera.	53
<i>Figura 25.</i> Diseño de Biojardinera Terminado.	53
<i>Figura 26.</i> Salida de Agua Tratada.	54

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Parámetros Físico Químicos Evaluados en Laboratorio.</i>	40
Tabla 2. <i>Caudal semanal de Agua Generado en la Finca Las Parcelas.</i>	55
Tabla 3. <i>Comparación de Resultados en Laboratorio</i>	59
Tabla 4. <i>Costos de materiales Biojardinera.</i>	75

Resumen

La Biojardinera es uno de los métodos para la reducción de los niveles de contaminación de los recursos hídricos emitidos por aguas jabonosas proveniente de las viviendas, en la zona rural del municipio de Pitalito Huila, uno de los mayores problemas de contaminación de los recursos hídricos son los vertimientos de las aguas las cuales son arrojadas directamente a las quebradas. El objetivo del siguiente proyecto investigativo es conocer la eficiencia en remoción de aguas jabonosas en un sistema de biojardinera que será instalado en la finca Las Parcelas de la vereda El Jardín, corregimiento de Criollo. Para la implementación de éste proyecto, se realizó entrevistas estructuradas cuyo objetivo era identificar el uso del agua por la comunidad, vertimiento y tipos de detergentes comúnmente utilizados; se diseñó y construyó la biojardinera en la finca siguiendo el “manual para la construcción de biojardineras”; se analiza los resultados de las aguas jabonosas antes y después del tratamiento, y posteriormente se socializó los datos ante la comunidad para su concientización y reutilización. Los resultados en laboratorio que se obtuvieron ayudan con la reducción la carga contaminante de los jabones en la quebrada la Criolla y concientiza a la comunidad la conservación de las fuentes hídricas.

Palabras clave: biojardinera, aguas jabonosas, recurso hídrico, impacto ambiental.

Abstract

The bio-gardener is one of the methods for reducing the levels of contamination of water resources emitted by soapy water from homes. In the municipality of Pitalito, Huila, one of the biggest problems of contamination of water resources is the discharge of greywater directly into the streams. The objective of this proposal is to implement a bio-landscaping system in the Las Parcelas farm in the village of El Jardín, Corregimiento de Criollo, to mitigate the impact of soapy waters on the La Criolla stream. For the realization of this project, structured interviews will be conducted whose objective is to identify the use of water by the community, dumping and types of commonly used detergents; the bio-gardener will be designed and built on the farm following the "manual for the construction of bio-landscaping"; the results of the soapy waters before and after being treated will be analyzed, and later on, socializing the data before the community for its awareness and reuse. The possible results that are intended to be achieved are to reduce the pollutant load of the soaps in the La Criolla stream and to make the community aware of the conservation of water sources.

Keywords: bio-gardener, soapy water, hydric resource, environmental impact.

Introducción

El agua como recurso vital ha sido tema de discusión y del pensamiento en el mundo entero, en los ámbitos ético, político, ambiental, económico y social; se le considera indispensable en la garantía de otros derechos como la salud, la alimentación y un mínimo de saneamiento ambiental. Ha sido expuesta como tema prioritario del desarrollo sostenible en el mundo y no puede tomarse como algo abstracto. Los países deben velar por contar con los medios, las políticas y los recursos para lograr que este derecho fundamental sea viable. No se puede hablar de derecho al agua si no hay mecanismos para hacer cumplir el derecho. Es necesario que se creen mecanismos para cuidar y gestionar el uso del recurso natural. (Díaz, Hernández, & Muños, 2009)

El agua es un recurso estratégico para el desarrollo del ser humano y los demás seres vivos, para los asentamientos humanos y las actividades económicas. El agua, como recurso natural, se encuentra disponible en diferentes tipologías: superficiales, subterráneas, marinas y oceánicas. (Cordero, 2003)

Las zonas rurales del municipio de Pitalito Huila no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, el agua utilizada para las actividades en los hogares son vertidas directamente a fuentes hídricas generando malos olores, sobre cargándola de materia orgánica, grasas, aceites, fosfatos y nitrógeno que están presente en los productos de aseo que se utilizan en las viviendas, como solución de esta problemática se evaluara el sistema de biorremediación llamado Biojardinera como alternativa de tratamiento de aguas jabonosas en una vivienda de la vereda el jardín del corregimiento de criollo.

2. Planteamiento del problema

En el municipio de Pitalito Huila, gran parte del sector rural no presenta un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las aguas que se utilizan para el aseo personal y actividades del hogar, están siendo vertidas a zanjas que las conducen a quebradas y/o ríos, generando que los componentes activos de estos jabones tales como el fósforo y tensoactivos reduzcan el oxígeno en el agua y aumente nutrientes como fosfatos y sulfuros, provocando eutrofización; y gran parte de la materia orgánica presente en estas aguas, se descomponen generando características similares a las aguas negras, en cuanto a malos olores y proliferación de vectores. Estas características hacen que el ecosistema acuático se desequilibre y la salud humana se vea afectada.

En la vereda el Jardín, del corregimiento Criollo, en el municipio de Pitalito, se identificó la problemática de contaminación de aguas grises en la quebrada La Criolla. La comunidad de esta vereda no presenta un sistema de tratamiento de éstas aguas, así como tampoco existen sistemas eficientes para captación de las mismas en las viviendas, tales como atrapa grasas, lagunas de oxidación o filtración, generando problemas de malos olores y vectores en el cauce de la quebrada, conllevando así a una problemática ambiental y de salud para los mismos habitantes de la vereda.

3. Justificación

La propuesta de investigación sobre el tratamiento de aguas jabonosas a través de la biojardinera, pretende minimizar los impactos de éstas aguas provenientes de las viviendas del sector rural al medio ambiente y a la salud pública. La biojardinera consiste en un tipo de jardín-humedal artificial sub-superficial ubicado estratégicamente en la vivienda, cuyo objetivo es la filtración y absorción de los nutrientes provenientes de las aguas jabonosas a través de diferentes especies de plantas en especial Heliconias, para así dar una disposición final, ya sea para reutilización o su vertimiento a los ríos y/o quebradas.

La implementación de biojardinera, además de la mitigación de contaminación del recurso hídrico, es la innovación y atractivo que ésta genera a las fincas cafeteras de la región, siendo un paso hacia la certificación. Al ser la vereda El Jardín una zona altamente productora en café, las empresas certificadoras aportarían un valor agregado a este producto por el compromiso de la comunidad hacia la conservación de las fuentes hídricas y a una producción limpia, incentivando a los productores a cuidar el medio ambiente y comercializar su producto con el sello de producción amigable con el medio ambiente.

Éste método de biojardinera, daría cumplimiento de la Ley 23 de 1973. Art. 1, cuyo objetivo es “prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional”. Igualmente es económico, fácil de implementar, decorativo y con valor agregado ya que estas plantas a utilizar para el filtrado pueden ser comercializadas.

4. Objetivos

4.1 General

Evaluar la aplicación de un sistema de Biojardinera como alternativa de tratamiento de aguas jabonosas proveniente de la vivienda Las Parcelas de la vereda El Jardín, corregimiento de Criollo.

4.2 Específicos

Instalar el Sistema de Biojardinera para las aguas jabonosas proveniente de la finca Las Parcelas de la vereda El Jardín, Corregimiento de Criollo.

Realizar un muestreo a la entrada y salida del sistema estudiado para determinar la eficiencia en la remoción de contaminantes problemas.

Comparar los resultados de remoción obtenidos en el estudio con la normatividad de calidad de aguas vigente y determinar la viabilidad del sistema de Biojardineras en viviendas rurales.

5. Marco Teórico

5.1 La biojardinera

La biojardinera es un proceso donde se captan las aguas jabonosas de una vivienda, el cual se trata de eliminar grasas mediante un primer sistema de tratamiento denominado trampa grasas que consta de dos canecas el cual cumplen la función de recibir el agua a tratar y por medio de flotación (densidad) separar el material, mediante el proceso de oxigenación por plantas como las aves del paraíso (*Heliconia fire opal*), *Heliconia roja* (*Heliconia wagneriana*), Pico de Tulcán (*heliconia rostrata*), *Renealmia* (*Renealmia cernua*), Papiro (*Cyperus papyrus*) estas plantas aprovechan los elementos como el fosfato (Ortofosfatos) y el nitrógeno (nitratos y nitritos) en su desarrollo, el agua ya tratada sirve para reutilizarla en el riego de zonas verdes, huertos, lavado de patios de la vivienda, en la descarga del inodoro o verterla en una fuente hídrica (Delgado & Pérez, 2006).

5.2 Procesos de la biojardinera

Está conformado por tres etapas, tratamientos primario esta formado por dos tanques que se encarga de atrapar las grasa y los sólidos gruesos que llegan de la vivienda, Tratamiento biológico (anaerobio y aerobio) este tratamiento se da mediante las plantas que van sembradas en este filtro seco, absorben los elementos que traen los detergentes para ellas, mediante la raíz asignen el agua en el filtro, fases anaerobia y otra aerobia, las plantas permiten que el oxígeno se incorpore al humedal para que los microorganismos puedan remover los contaminantes, la

tercera fase es la disposición final de las aguas en este proceso el agua puede ser almacenada para darle reutilización en la vivienda o verterla en una fuente hídrica cercana (Delgado & Pérez, 2006).

5.3 Características de los Jabones y detergentes

Según (Gonzales et al., 2008). Los jabones contienen pequeñas cantidades de perfumes, blanqueadores y abrillantadores ópticos, los jabones cotidianos de uso doméstico contienen principales componentes activos como los siguientes.

5.3.1 Surfactantes anicónicos.

Estos se caracterizan por producir gran cantidad de espuma, su principal aditivo es el tripolifosfato de sodio conocido de forma genérica como fosfato. Los jabones son sustancias que alteran la tensión superficial (disminuyen la atracción de las moléculas de agua entre sí en la superficie) de los líquidos, especialmente el agua. Este tipo de sustancias se denominan tensoactivas. Los jabones se utilizan como agentes limpiadores debido a la estructura singular de estos iones orgánicos especiales. Cuando un objeto está sucio, casi siempre se debe a la adhesión de capas de grasa o aceite que a su vez contienen polvo y partículas extrañas. Si el objeto es lavado con agua no se elimina gran parte de la suciedad, sin embargo, cuando se agrega jabón al agua, puede disolverse para dar iones carboxilato, estos iones tienen un extremo iónico que es muy soluble en agua y un extremo de la cadena larga de hidrocarburos tiene una fuerte atracción para las moléculas de aceite y grasa, los extremos que atraen al aceite penetran en las capas de

aceite y grasa y las disuelven y a su vez, los extremos iónicos se siguen disolviendo en agua, éstos tienden a hacer que se desprendan las partículas de grasa y aceite a la solución, de manera que se puedan remover. Esta clase de acción limpiadora se denomina acción detergente (Gonzales et al., 2008).

Los jabones presentan la desventaja de que si se usan en agua dura, tienden a formar sales con los cationes de los metales formando "natas" que neutralizan su acción. Una alternativa a este problema, surgió cuando se empezaron a sintetizar otros compuestos orgánicos a partir de compuestos químicos del petróleo, que tienen acción detergente por lo que se les denomina en forma genérica como detergentes. La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio del sulfonato de benceno substituido, denominados sulfatos lineales. El extremo sulfato es soluble en agua y el extremo del hidrocarburo es soluble en aceite, cumpliendo con esto las características de los jabones antes mencionadas. La ventaja de los detergentes es que no forman natas con el agua dura. Por su amplia utilidad los detergentes se usan tanto en la industria como en los hogares, sin embargo, puesto que se emplean en grandes cantidades constituyen una fuente de contaminación del agua. En cuanto a la biodegradabilidad, tanto los detergentes como los jabones son biodegradables, pero la biodegradabilidad se ve limitada si estos compuestos se encuentran en exceso en un cuerpo de agua debido a que se hace más difícil la degradación biológica, la naturaleza no es capaz de auto corregir por si misma cargas altas de contaminantes. (Gonzales et al., 2008).

5.3.2 Composición de las aguas grises o jabonosas.

Las aguas grises se definen como las aguas residuales urbanas, generadas por la duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos, estas representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, ya que representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua (Moncada, 2011).

Como características las aguas grises no tienen mal olor inmediatamente, pasado algunos días de ser descargadas comienza a generar malos olores. El problema se inicia cuando las aguas quedan estancadas descomponiéndose la materia orgánica principalmente, contaminantes y los microorganismos presentes en ellas comienzan a interactuar, usan rápidamente el oxígeno disponible y habrá mayor presencia de bacterias anaeróbicas, creando un ambiente propicio para el desarrollo de agentes patógenos (Moncada, 2011).

5.3.3 Los jabones y el medio ambiente.

Los componentes activos como fósforos y tenso activos reducen el oxígeno, estos causan la muerte a especies acuáticas en las zonas de fuentes hídricas, generan la estimulación del crecimiento de algas en los alrededores del caudal hídrico, problemas de Eutrofización que se genera con el aumento de nutrientes en el agua específicamente los compuestos de nitrógeno, fósforos (compuestos de los jabones) y materia orgánica que promueven el crecimiento acelerado de especies vegetales superiores con resultado de trastorno no deseado en el equilibrio entre organismo presentes en el ecosistema acuático y la calidad de los cuerpos de agua (Gonzales et al., 2008).

Estas aguas jabonosas generan algunos problemas por su vertimiento a las fuentes hídricas nombrados a continuación:

Espuma. En las plantas de tratamiento de agua provoca problemas de operación, afecta la sedimentación primaria ya que engloba partículas haciendo que la sedimentación sea más lenta, dificulta la dilución de oxígeno atmosférico en agua y recubre las superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos. (Gonzales et al., 2008).

Toxicidad en la agricultura. Al utilizar aguas negras que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos. Así por ejemplo se ha observado que se inhibe en un 70% el crecimiento de las plantas como el girasol en concentración de tan solo 10 ppm y en un 100% a 40% ppm. (Gonzales et al., 2008).

Toxicidad en la vida acuática. Según (Gonzales et al., 2008). No es posible dar un valor límite de toxicidad debido a que la sensibilidad de cada organismo varía con relación a la especie, tamaño, tipo de detergente y otros factores físicos del medio ambiente.

Eutrofización. Constituye un proceso natural de envejecimiento, en el que el afluente hídrico sobrealimentado acumula grandes cantidades de material orgánico, vegetal en descomposición en aguas tranquilas. Las plantas se apoderan del lecho y se convierte poco a poco en un pantano para transformarse por último en un prado. Al ingresar grandes cantidades de detergentes, de los que aproximadamente como vimos anteriormente el 50% en peso son fosfatos, los cuales son excelentes nutrientes para las plantas, y éstos sumados con los nutrientes ya existentes en un cuerpo de agua, se acelera el proceso de eutrofización anteriormente mencionado, si hay un excesivo crecimiento de las plantas acuáticas, éstas tienden a cubrir la superficie del cuerpo de agua, impidiendo el libre intercambio de oxígeno y bióxido de carbono; al morir estas plantas, se

descomponen consumiendo el oxígeno presente en éste, al cabo de un tiempo ya no hay oxígeno disponible y la descomposición tiene que hacerse de forma anaerobia, esto es, en ausencia de oxígeno, dando por consecuencia productos secundarios como metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y otros compuestos que le confieren al cuerpo de agua un olor desagradable. Otro factor que se debe tomar en cuenta, es que los peces presentes en el cuerpo de agua también necesitan oxígeno disuelto en el agua para poder respirar y si éste se consumió con la degradación de las plantas muertas, entonces también los peces morirán. Todos estos procesos implican como consecuencia una degeneración de la calidad de las condiciones, tanto del agua como de la vida animal y vegetal del cuerpo de agua (Gonzales et al., 2008).

Desperdicio de fósforos. Otra desventaja de usar grandes cantidades de fosfatos en los detergentes, es que el fósforo es uno de los elementos vitales necesarios para el crecimiento de cultivos alimenticios y que se utilizan profusamente en fertilizantes que contienen fósforo en forma de fosfato. Sin embargo, las fuentes de fosfatos son limitadas y a futuro se podrían reducir al grado en que se pudiera afectar la producción de alimentos. En vista de esto, el uso de fosfatos en los detergentes, en forma desmedida, constituye un desperdicio de uno de los recursos más importantes en la naturaleza y una fuente de contaminación importante (Gonzales et al., 2008).

Efectos de enzimas activas. Algunos detergentes contienen enzimas, las cuales atacan sustratos orgánicos específicos. El problema se presenta al usar exceso de estos detergentes, con lo cual se desechan enzimas activas al drenaje, las cuales al llegar a los cuerpos de agua provocarán daños en los seres vivos presentes en éstos, por acción directa sobre ellos o sobre los nutrientes que componen su dieta alimentaria.

Entre otros efectos secundarios producidos por los detergentes es que afectan procesos de tratamiento de las aguas residuales, por ejemplo: cambios en la demanda bioquímica de oxígeno

y en los sólidos suspendidos, efectos corrosivos en algunas partes mecánicas de las plantas, interferencias en el proceso de cloración y en la determinación de oxígeno disuelto y algunos aditivos en los detergentes pueden intervenir en la formación de flóculos (agrupaciones de partículas suspendidas) (Jimenez, 2001).

Los surfactantes una molécula fuertemente hidrofóbica con un grupo fuertemente hídrico y debido a ello se adhieren en la interface entre un medio acuoso y otra fase que puede ser aire, aceite o partículas. El grupo hidrofóbico por lo regular es un hidrocarburo con 10 a 20 carbonos, los detergentes sirven para crear espuma, emulsionar y favorecer la suspensión de las partículas contiene comúnmente entre las 15% y 50% de sustancias tenso activas por lo que tiene el efecto a disminuir la tensión superficial del agua y su viscosidad. (Jimenez, 2001).

5.4 Características de las aguas jabonosas

Sus características varían principalmente según la fuente de donde provengan (ya que no en todas las fuentes se realiza el mismo proceso), del estilo de vida y costumbres de los usuarios, de la calidad de abastecimiento de agua y del tipo de red de distribución que tenga. Además, la composición variará considerablemente tanto en términos del lugar como en términos del tiempo, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades descargadas de contaminantes (Sierra, 2006).

5.5 Análisis de biorremediación de heliconias y papiros

Las plantas que viven en los humedales necesitan nutrientes para desarrollar sus actividades vitales, y los obtienen principalmente a través de su sistema radicular. Sin embargo, las cantidades de nutrientes que asimilan las plantas suelen ser insignificantes en comparación con las cargas de nutrientes que reciben las biojardineras. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que si no se realiza periódicamente una cosecha de las partes aéreas de las plantas, la mayor parte de los nutrientes asimilados por las mismas volverán al agua, debido a los procesos de descomposición, lo que podría constituir una fuente adicional de nitrógeno. Por lo general, está comúnmente aceptado que las plantas asimilan aproximadamente el 10-20% de la carga de nitrógeno aplicada (García et al, 2004).

La fitorremediación es el proceso que emplea la vegetación para el tratamiento de la contaminación en el agua, suelo y aire. Los Humedales artificiales de flujo sub-superficial y superficial, constituyen la principal aplicación tecnológica para la matriz agua, basada en un tipo de plantas cuya características principales son la hiperacumulación de sustancias tóxicas, y transformación de dichos compuestos gracias a sus propiedades biológicas. Recientemente, se han estudiado el empleo de especies nativas como el caso de las Heliconias, cuyo uso más reconocido es en la ornamentación. Los estudios realizados con *Heliconia psittacorum* para evaluar su potencial fitorremediador se ha logrado demostrar que la especie presenta características adecuadas a las condiciones en los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. (Madera, Sánchez, & Medina, 2013).

5.6 Parámetros evaluados en el sistema biojardinera

5.6.1 Remoción de grasas y aceites.

Las trampas grasas son un método que permite hacer la separación de materiales contaminantes provenientes de la fuente generadora como sólidos sedimentables, partículas flotantes, captura y retención de grasas y aceites, para el análisis en laboratorio se tomó lectura como sustancias activas al azul de metileno (espectrofotometría Infrarrojo).

Se debe realizar periódicamente mantenimiento a este sistema con el propósito de garantizar un flujo de rendimiento mayor, cuando no se realiza este mantenimiento se genera mal olor por la acumulación de materia orgánica en descomposición. La eficiencia de los sistemas trampa grasas, oscila entre un 50 y 90 %, obteniendo el mayor porcentaje de reducción en aguas con contenido predominante de aceites y grasas, pero equivalente a la DBO5 producida por las sustancias suspendidas, (Chinchilla, 2015).

5.6.2 Remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para el análisis en laboratorio se tomó lectura mediante potenciómetro, uso de reactivos de rango alto.

La demanda de oxígeno de un agua residual es la cantidad de oxígeno que es consumido por las sustancias contaminantes que están presentes en el agua durante un cierto tiempo, ya sean sustancias contaminantes orgánicas o inorgánicas, es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en un agua. (Hanna instruments, s.f.).

5.6.3 Remoción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅).

La remoción de la DBO₅ soluble se debe al crecimiento microbiano adherido a las raíces de las plantas, tallos y hojas pequeñas que han caído al agua. Las fuentes de oxígeno para esta reacción están en la aireación de la superficie del agua y la transferencia de oxígeno a través de las plantas desde la atmósfera. (Silva & Zamora, 2005).

5.6.4 Remoción de Sólidos Suspendedos Totales (SST).

Se tomó para el análisis en laboratorio el método gravimétrico que a través de sistemas de secado de muestras se logra llegar a determinar los resultados, los sólidos suspendidos totales están caracterizados por compuestos coloidales, por lo general conformado por bacterias, sólidos suspendidos ejemplo de estos son las partículas pequeñas que no se sedimentan formando turbidez del agua y los sólidos disueltos que son generalmente forman lodos.

5.6.5 Remoción de Sólidos Sedimentables (SSED).

El sistema de trampa grasa como primer tratamiento cumple dos funciones y una de ellas es la separación de sólidos que contienen las aguas jabonosas, los sólidos que ingresan en la trampa grasas por gravedad van a parar en el fondo de los recipientes haciendo más fácil la separación para posteriormente realizar compostaje al hacer mantenimientos de estos trampa grasas, en este

primer paso se procura eliminar gran parte de los sólidos sedimentables para ser enviados al segundo tratamiento.

Debido a la calidad de la gravilla implementada en el sistema de tratamiento biojardinera podemos inferir que los resultados a obtener serán favorables por el diámetro de la piedra y gravilla y los sistemas radiculares de las plantas inferirán en la captura de sedimentos aprovechando algunos nutrientes dando como resultado una afectiva remoción, para los análisis de resultados se tomó el método IMHOFF que a través de conos y por gravedad se logra obtener datos de resultado.

5.6.6 Remoción de Compuesto de Fosforo.

La determinación en laboratorio se realiza mediante el método espectrofotométrico, el fósforo está presente típicamente en aguas residuales como Ortofosfatos, Ortofosfatos deshidratado (polifosfato) y fósforo orgánico, para los análisis de fosforo en laboratorio se dio lectura de las muestras como Ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$).

La eliminación del fósforo en biojardineras de flujo subsuperficial se puede dar por procesos bióticos y abióticos. Los bióticos incluyen la asimilación por las plantas y microorganismos, y la mineralización de los restos de vegetación y del fósforo orgánico. Los procesos abióticos incluyen la sedimentación, la adsorción por el suelo y los intercambios entre el suelo y el agua residual que circula. No obstante, la eliminación del fósforo es difícil en cualquiera de los sistemas de depuración normalmente utilizados, y las biojardineras no son la excepción. Su eliminación resulta complicada debido a la escasa movilidad que presentan los compuestos que contienen el fósforo (García & Corzo, 2008).

5.6.7 Remoción de Compuestos Nitrogenados.

Las plantas pueden eliminar nitrógeno mediante la asimilación de amonio o nitrato. En los humedales generalmente utilizarán preferentemente amonio ya que es más abundante, las plantas eliminan entre un 10 y un 20% del nitrógeno. (García & Corzo, 2008).

La remoción de nitrógeno en la forma de nitrato por conversión a gas nitrógeno se realiza biológicamente bajo condiciones anóxicas (donde no hay oxígeno disuelto presente pero el oxígeno está disponible de fuentes como el nitrato, nitrito o sulfato). Este proceso se llama desnitrificación. Hay varios géneros de bacterias heterotróficas que reducen el nitrato, siendo un proceso de dos etapas. El primero paso es la conversión de nitrato a nitrito, seguido por la producción de óxido nítrico, óxido nitroso y gas nitrógeno (Moncada, 2011).

La eliminación de nitratos por medio de biojardineras de flujo subsuperficial es muy efectiva ya que siempre hay zonas anóxicas favorables para la desnitrificación. Sin embargo, por lo general, en las aguas residuales la especie química de nitrógeno predominante es el amonio. Por tanto, la contribución en la eliminación de nitrógeno por desnitrificación depende del proceso de nitrificación. Es decir, cuanto más amonio pueda nitrificar el sistema, más desnitrificación se podrá llevar a cabo. (García & Corzo, 2008).

Para las muestras en laboratorio se realizó el método espectrofotométrico.

5.6.8 Remoción de Detergentes y Tensoactivos.

Para los análisis de resultados se realizó mediante el método de extracción líquido y líquido colorimetría. La remoción de estos parámetros toma gran importancia para el proyecto tratándose en el tema de aguas jabonosas, es de destacar que la mayor parte de estas aguas contienen productos de aseo que tradicionalmente usa la comunidad y genera problemáticas ambientales tratadas en este documento.

5.6.9 Parámetro de pH.

Para el caso del pH se realizó la medida mediante el equipo electrónico, debidamente se calibro y se tomó lectura.

El tratamiento por fitorremediación influye directamente en el resultado, Las plantas cumplen un papel preponderante en la transformación de las sustancias tóxicas que allí se depositan. Éstas deben adaptarse a una situación de estrés por cuanto están expuestas a la contaminación.

La evaluación de parámetros fisiológicos como el potencial hídrico, retención y eliminación de nitrógeno (N) y las tasas fotosintéticas, sirven de indicadores de la capacidad de respuesta de la planta (Tanner, 2001).

5.7 Normatividad Colombiana relacionada con el uso y conservación de las fuentes hídricas

Se enumera a continuación la normatividad colombiana encaminada hacia el uso y conservación de las fuentes hídricas:

Resolución 631 de 2015: Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado públicos y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

Ley 23 de 1973: Por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la república para expedir el código de recursos naturales y protección del medio ambientales y se dictan otras disposiciones. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medioambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional. (Ministerio del medio ambiente , 1973)

Ley 9 de 1979: Por el cual se dictan medidas sanitarias. Titulo 1 Protección del medio ambiente. Contiene los reglamentos para el manejo de residuos sólidos, residuos líquidos, manejo de excretas y emisiones atmosféricas que puedan afectar el ambiente y ocasionar perjuicios en la salud de la comunidad

Decreto 1594 de 1984: Uso del agua y residuos líquidos. Por el cual se deben fijar las normas de vertimiento que deban cumplirse, así los plazos para presentar las etapas del plan de cumplimiento.

Ley 99 de 1993: por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Artículo 31 funciones. numerales 12 y 13, se establece como funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, la evaluación control y seguimiento ambiental por los usos del agua, suelo, aire y demás recursos naturales renovables, lo cual comprende la expedición de las

respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos así mismo recaudar conforme a la Ley, las contribuciones, tasas, derechos, tarifas y multas generadas por el uso y aprovechamiento de los mismos, fijando el monto en el territorio de su jurisdicción con base en las tarifas mínimas establecidas por el Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio del medio ambiente, 1993).

Ley 373 de 1997: Por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Proteger los recursos hídricos de la nación, las empresas encargadas de manejar estos recursos tuvieran responsabilidad sobre ellos al momento de realizar sus actividades, proteger las reservas hídricas en todo el territorio nacional. (Ministerio de medio ambiente, 1997).

Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Que la Constitución Política de Colombia en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos natural. (Ministerio de medio ambiente, 1997).

6. Metodología

6.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación utilizado en este proyecto fue *Investigación descriptiva*, mediante recorridos de campo, se identificó la problemática ambiental de las fuentes hídricas y se dio una solución para minimizar el daño ambiental a través de la implementación de una biojardinera. La técnica utilizada para esta investigación fue *cualitativa*, en cuanto a que se realizó observación directa en campo, documentación y construcción de la biojardinera; entrevistas semi estructuradas, toma de muestras y análisis de las mismas en el laboratorio mediante procedimientos preestablecidos.

6.2 El método

Esta investigación aborda el Método Empírico-analítico, tomando como referencia una solución a la problemática ambiental sobre el uso del agua de la zona rural del municipio de Pitalito y corresponde a la línea de investigación Gestión y manejo ambiental de la escuela ECAPMA.

6.3 Fuentes de information

El principal tipo de información manejada en este trabajo fue información secundaria, ya que a partir de información bibliográfica, se dio una solución a un problema ambiental en la zona rural de Pitalito.

(aguas grises y negras) se hace directamente a la misma quebrada por medio de zanjas (Figura 2), aunque las aguas negras antes de ser vertidas a la quebrada pasa por un sistema de filtros.



Figura 2. Vivienda y Vertimiento de Aguas Jabonosas Quebrada La Criolla.

6.5 Entrevistas semi-estructuradas y recorridos de campo

Se llevó a cabo entrevistas semi estructuradas para conocer el manejo que le da la comunidad de la vereda El jardín y Palmar de Criollo al agua proveniente del acueducto, control de las aguas residuales, en especial las grises o jabonosas. Se preguntó sobre los jabones o detergentes más comunes utilizados en la vereda, para así conocer los principales componentes de éstos jabones, su clasificación en biodegradables o no degradables y la transcendencia en las fuentes hídricas, ver (anexo 11.1) encuesta y (anexo 11.2) socialización con la comunidad, las entrevistas se realizó de forma de muestra en las zonas cercanas la fuente hídrica Quebrada la Criolla en las veredas Palmar de Criollo y Jardín.

6.6 Diseño y construcción de la biojardinera

Se implementó según el manual para la construcción de biojardineras (Rosales. 2006). Las condiciones del terreno está por debajo del nivel del lugar en donde sale el agua jabonosa, aproximadamente 25cm de diferencia, teniendo claro que la inclinación del terreno no debe ser mayor a un 5%, esto significa que, en un trayecto de 10 metros no haya un cambio de nivel mayor a 50cm. El tamaño de la biojardinera se tuvo en cuenta según el número de personas que habitan en la vivienda, en este caso son siete personas, así como promedio de cm^3 de agua consumidos durante el mes, la precipitación anual y calidad de los jabones utilizados. Para la construcción se realizó excavaciones en el sitio indicado, luego se verificó medidas, se colocó el plástico con un calibre de 8 pulgadas para impermeabilizar el suelo, luego tulas para proteger el plástico de las piedras y se alistó la tubería tanto en la entrada como en la salida del agua a tratar y tratada con un desnivel de 10cm en cada tubería (Figura 3). Se rellenó de piedras grandes al principio y al final y en el intermedio, las piedras con un calibre promedio de 5 pulgadas y gravilla con un promedio de 0,5 pulgadas, en este relleno de piedra y gravilla se sembraron las especies de plantas (figura 4) a una profundidad no mayor a 10cm. Para el tratamiento primario de las aguas jabonosas, primero se ubicó un tanque de 60L en un hoyo a una distancia de 50 cm de la casa y otro tanque a 50 cm a la biojardinera. La finalidad de estos tanques fue separar grasas y material particulado. Se verificó los niveles para que el agua fluyera bien hacia los tanques. La siembra de las especies para la captación de nutrientes se hace con una distancia de 40cm cada una (Rosales, 2016).

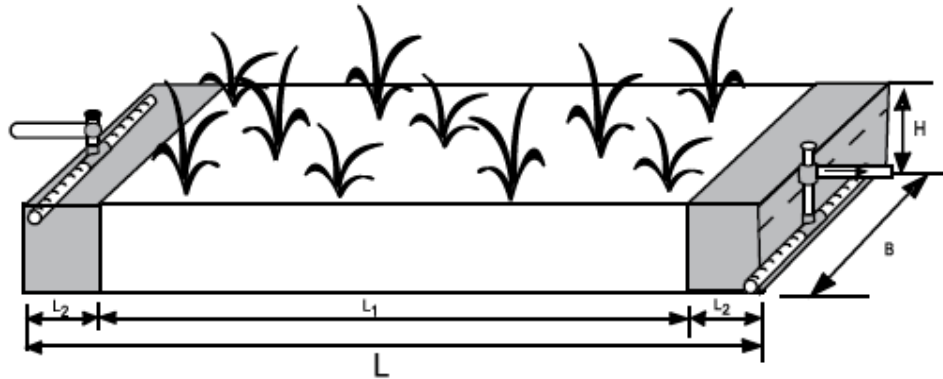


Figura 3. Diseño de Biojardineria. Fuente: Rosales, 2006.

6.7 Especies de plantas utilizadas en la biojardineria

Se eligió este tipo de plantas por la belleza de sus flores, porque que son semi acuáticas, cuentan con características de adaptabilidad favorables en las condiciones que se busca llegar y por sus propiedades en remoción de algunos contaminantes mencionados en la resolución 631 de marzo 2015 capitulo 8, según (García et al, 2004).estas plantas semi acuáticas en estas condiciones necesitan nutrientes y estas son obtenidas a través de los sistemas radiculares, además se eligieron por abundar en el sector donde esta implementada la biojardineria haciendo más fácil su transporte.

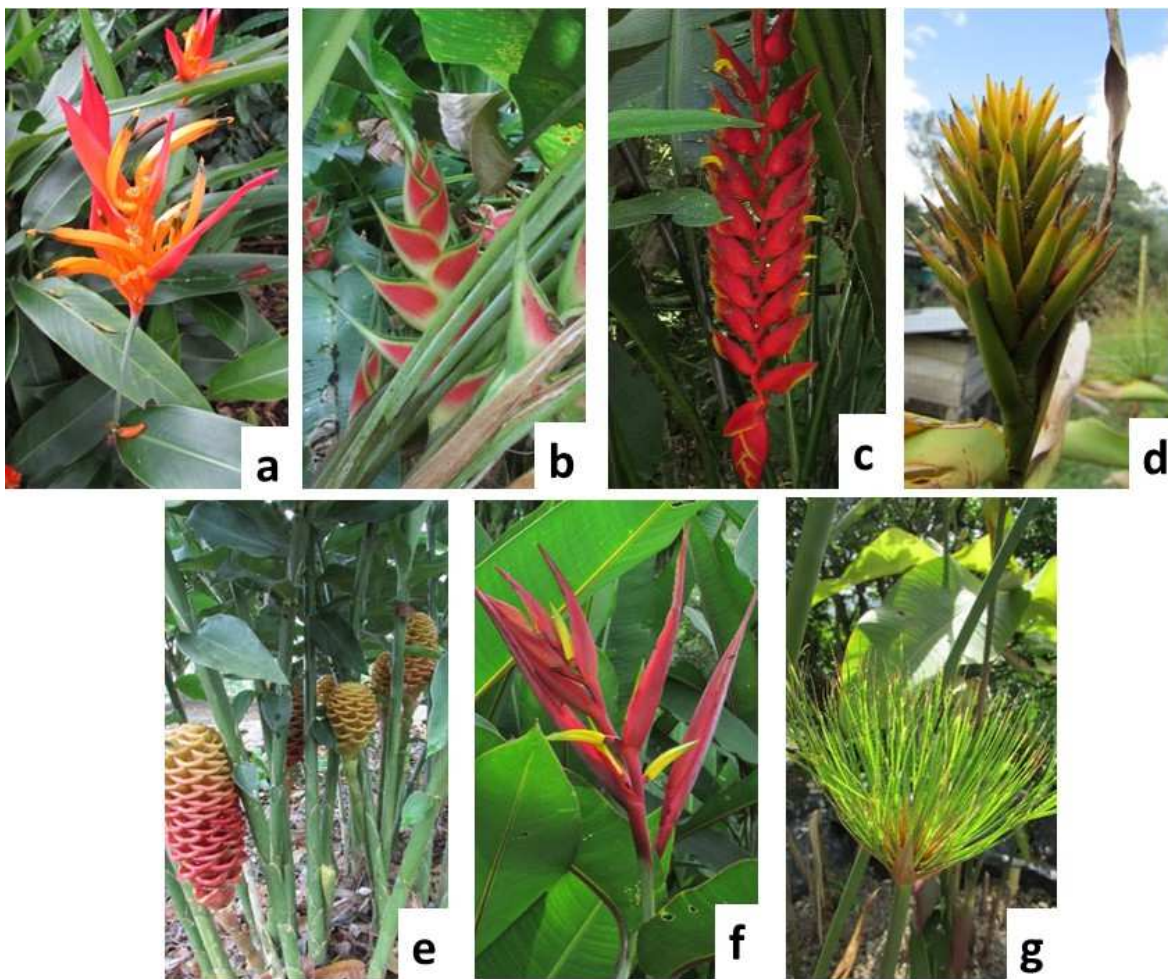


Figura 4. Especies utilizadas en la construcción de la biojardinera. **a.** Ave del paraíso (*Heliconia fire* Opal, Strelitziaceae). **b.** Heliconia roja (*Heliconia wagneriana* Petersen in Mart, Heliconiaceae). **c.** Pico de Tulcán. (*Heliconia rostrata* Ruiz & Pav Heliconiaceae). **d.** Renealmia. (*Renealmia cernua* sw. Ex ROEM. & SCHULT. Zingiberaceae). **e.** Bastones. (*Zingiber* sp. Mill, Zingiberaceae). **f.** Platanilla (*Heliconia mathiasiae* G.S. Daniels & FGStiles, Heliconiaceae). **g.** Papiro. (*Cyperus papyrus* L, Zingiberaceae).

6.8 Evaluación de resultados

Se realizaron los análisis de agua para determinar la calidad de la misma, tanto en la entrada y en la salida de los filtros, se realizó la toma de muestras compuestas durante la hora 8:00 a 8:30 am para ser evaluados en el transcurso del día, los parámetros evaluados se realizaron enfocados

con la Resolución 631 de marzo de 2015 que rige en Colombia el cual se establecen en el artículo 8 los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado públicos y se dictan otras disposiciones, además de tensoactivos, parámetros relacionados con aguas jabonosas. Los análisis se realizaron pasado los 4 meses, como se observa en la (tabla 1), donde la adaptabilidad de las plantas a las nuevas condiciones comienza a establecerse, aunque cabe destacar que a partir del año se comienza a obtener el mayor potencial de la Biojardinera, los análisis se realizaron en dos laboratorios, la determinación de pH, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Biológica de Oxígeno, Sólidos Suspendedos Totales, sólidos Sedimentables, Nitratos y Nitritos se realizaron en pruebas en el laboratorio según el manual de laboratorio de aguas y suelo (Peña Torres, 2014) en el Centro de Gestión y desarrollo Sostenible Surcolombiano del SENA, para los parámetros de Detergentes y Tensoactivos, Compuestos de Fosforo leído como ortofosfatos, Grasas y Aceites se realizó muestras en el laboratorio AMBILAB laboratorio acreditado ante el IDEAM Res.2597 del 31 de octubre de 2017.

6.9 Socialización de los resultados

Una vez finalizado y obtenido los resultados en laboratorio se socializa los resultados a la comunidad de la vereda El Jardín con el fin de dar a conocer la importancia del buen manejo a las aguas residuales provenientes del uso de jabones, el conservar las fuentes hídricas con su resolución ambiental y las multas dadas a causa de su mal manejo; se dio a conocer el valor agregado de la biojardinera tanto para uso económico en cuanto a la venta de las plantas ornamentales y certificación de fincas cafeteras; igualmente, se dio a conocer el

aprovechamiento del agua saliente tratada producto de la biojardinera para usos domésticos tales como riego de jardines, lavado de patios, vehículos y herramientas de la casa, así como para la descarga del inodoro.

Tabla 1
Parámetros Físico Químicos Evaluados en Laboratorio.

Parámetro	Método de análisis	Código
pH	Potenciómetro	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	HI 93754 C-25 RANGO ALTO	AR 005-2014
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	Sistema sensor 10 VELP SCIENTIFICA	AR 006-2014
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Gravimétrico.	AR 004-2014
Sólidos sedimentables (SSED)	IMHOFF	AR 003-2014
Grasas y Aceites Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	Espectrofotometría Infrarrojo	NTC 3362:2005- 06-29 Numeral 4
Compuesto de Fosforo Leído como Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	Espectrofotométrico	SM 4500 P - B, D
Compuestos de Nitrógeno Nitratos (N-NO ₃ ⁻) Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	Espectrofotométrico	
Detergentes y tensoactivos (SAAM)	Extracción Líquido Líquido, Colorimetría	SM 5540 C

7. Resultados y discusión

7.1 El uso del agua por la comunidad aledaña a la finca Las Parcelas

En la comunidad de la vereda Palmar de Criollo y el Jardín, el 99% cuenta con un bajo nivel de educación (8% de la población sin educación, 70% alcanza la primaria, el 20% secundaria y el 2% son profesionales), influyendo que no se tiene a causa de esto, conciencia en la protección de los recursos naturales y sentido de pertenencia por el habitat.

La mayoría de las personas trabajan en la agricultura, ya sea como recolectores en tiempos de cosecha o en los diferentes oficios que requiere la caficultura, ya que el municipio de Pitalito se encuentra en el departamento del Huila y es catalogado como un gran productor a nivel nacional de café (Comite Nacional de Cafeteros de Colombia, 2016), seguido de familias que se dedican al trabajo material, tienda y ventas de comida a los recolectores durante la temporada de cosecha.

El agua utilizada por la comunidad para sus diferentes actividades proviene en un El 70% de la comunidad cuenta con agua propia, la cual es captada desde la parte alta de las montañas o reservas hídricas ubicadas en terrenos propios, el 30% restante de la comunidad, manifiesta que el agua para uso doméstico proviene del acueducto

El principal uso que le dan al agua son para actividades domésticas y un 20% la utiliza en la caficultura para el riego o lavado del café.

La comunidad es consciente de que está generando contaminación a las fuentes hídricas debido a que el 90% de los entrevistados no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas grises, y vierte sus aguas a zanjas (20%), caños (30%) y directamente a la fuente hídrica (50%) quebrada la Criolla que pasa a pocos metros, pero todas estas aguas van a desembocar a la

quebrada, ya que no cuentan con un tratamiento de aguas grises aumentando los niveles de contaminación de las fuentes hídricas (figura 5); el 10% restante no lo cree que está realizando un tipo de contaminación, debido ya que tienen implementado un sistema de tratamiento de aguas grises, implementados para cumplir con las exigencias en calidad de café de algunas cooperativas caficultoras de la región. y cree que es muy importante hacerle un tipo de tratamiento, pero no tienen el conocimiento suficiente sobre el tema ambiental, o porque no cuentan con el recurso económico suficiente, ya sea propio o por apoyo del estado para mitigar la contaminación a las fuentes hídricas; además que el uso del agua en temporadas de cosecha del café aumentaba notoriamente debido a los trabajadores recolectores que llegaban a las fincas.

Los detergentes más utilizados por las familias son el FAB en polvo en un 100% de la comunidad jabón Rey 100%, jabón de olor 100%, jabón loza 100% y el 20% límpido.



Figura 5. Identificación vertido de aguas contaminadas.

7.2 Construcción de la biojardinera

7.2.1 Condición del terreno.

El lugar que se escogió para realizar la biojardinera fue en la parte posterior de la vivienda, donde el agua lluvia salía de los techos y mediante una zanja conduce hacia la fuente hídrica quebrada la Criolla (figura 6).



Figura 6. Zona de Implementación Biojardinera.

Según (Rosales, 2016) para la construcción de Biojardinera los espacios o lugares donde se pretende construir la Biojardinera debe ser plano, en este caso el municipio de pitalito Huila cuenta con dos tipos de topografía plana y montañosa en la zonas rurales, dado el caso de construcción trabajar en un sitio donde presentó una diferencia de 45cm en pendiente entre la parte alta de inicio y al final en la parte baja, (figura 7).



Figura 7. Área de Construcción.

7.2.2 Trabajo inicial.

Se midió el terreno donde se contruyó la biojardibnera, se nescito colocar estacas para los extremos con el proposito de delimitar el terreno,(figura 8) las estacas ayudan a determinar las medidas y niveles que seran estrategicas en la construcción.



Figura 8. Área delimitada de construcción.

Luego con una manguera transparente se tomaron los niveles sobre los ilos para dar inicio a la excavación del terreno delimitado (figura 9).

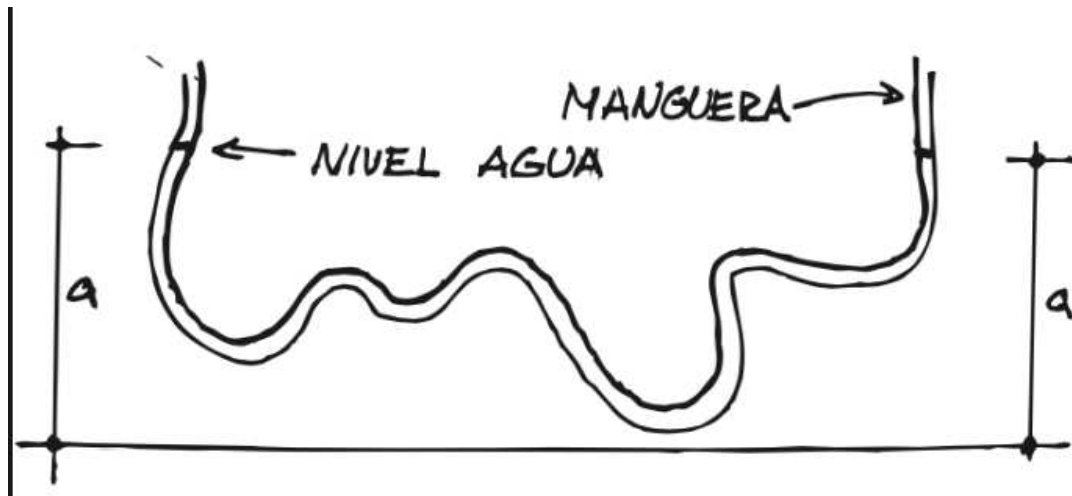


Figura 9. Herramienta de Nivel de Terreno. Fuente: Rosales, 2006.

7.2.3 Excavación.

Se empezó la excavación, la tierra extraída se utilizó para llenar tulas recicladas que fueron después utilizadas en forma de barrera para darle forma de tanque, la tierra restante se dispuso en la parte de posterior de la barrera de madera como se observa en la (figura 10).



Figura 10. Proceso de Excavación.

7.2.4 Verificación de medidas.

Se verificaron las medidas (figura 11) de altura (H) 70cm, el ancho (B) 170cm y el largo (L) 500cm, estas son las medidas adecuadas para que no alteren la medida del plástico y la piedra (figura 12).



Figura 11. Verificación de Medidas y niveles de Biojardinera.

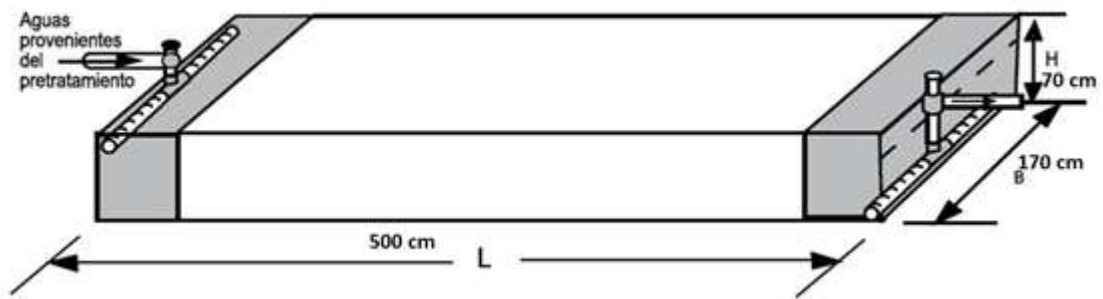


Figura 12. Medidas de la Biojardinera. Fuente: Modificado de Rosales, 2006.

7.2.5 Adecuación del plástico.

Se colocó un plástico que tiene una medida de 8 metros de ancho por 12 metros de largo la función de este plástico es evitar la filtración del agua a tratar y posterior contaminación del suelo y fuente hídrica.

Durante este proceso se dispuso ser lo mas cuidadoso posible para no afectar el plastico con rupturas, en la adecuación del plastico se reutilizó varios plasticos que se tenia en disposición en la finca las Parcelas provenientes de los secaderos solares de café en no uso para proteccion del plastico nuevo a adecuar como lo muestra la (figura 13).



Figura 13. Adecuación de Plástico.

7.2.6 Preparación de los tubos de PVC.

Se dispone de un tubo y se mide 72.5cm, luego se mide 6cm en cada lado del tubo, las ranuras se hicieron de 3cm con una distancia de 5cm entre cada una, como lo muestra la (figuras 14 y 15) esto con el fin de distribuir adecuadamente el agua proveniente del tratamiento primario y de igual manera para la captación para la salida del agua tratada.

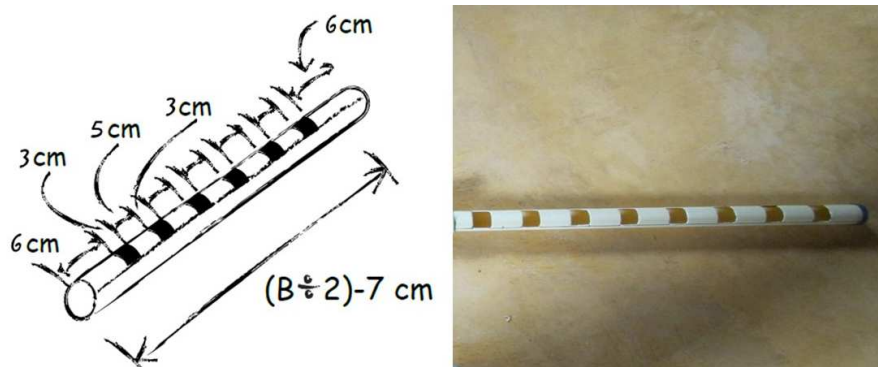


Figura 14. Adecuación de Tuberías PVC. Fuente: Rosales, 2006 y Autores

Después de tener los dos tramos de 72.5cm terminados, se unieron con una “T” de 10cm. Estos tubos tendrán una medida de 1,55 cm que serán los de entrada y salida de la biojardinera.

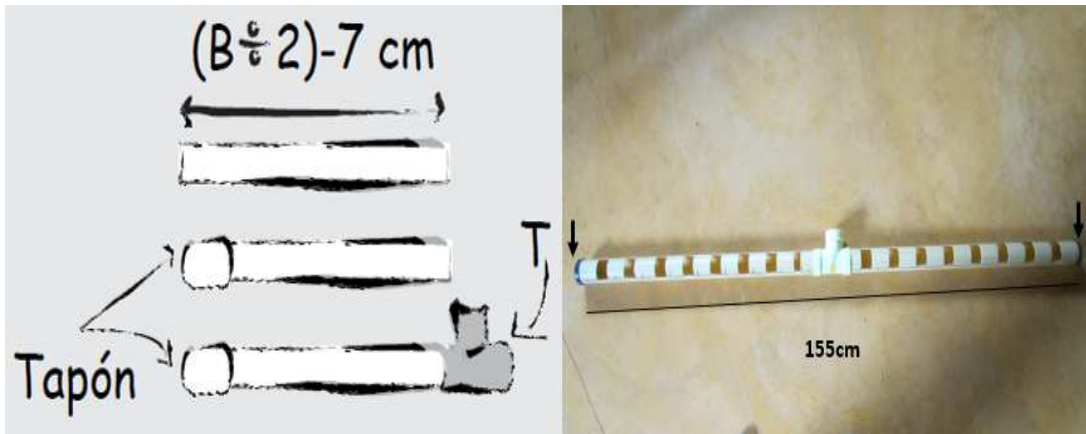


Figura 15. Preparación de Tubos en PVC. Fuente: Rosales, 2006 y Autores.

7.2.7 Adecuación de los materiales.

La medida “L” dada por el diseño como la longitud total requerida para la Biojardinera, se dividen en tramos. Así $L = L_2 + L_1 + L_2$ son tramos cortos de la misma medida que se ubican en los extremos y en un tramo largo central.

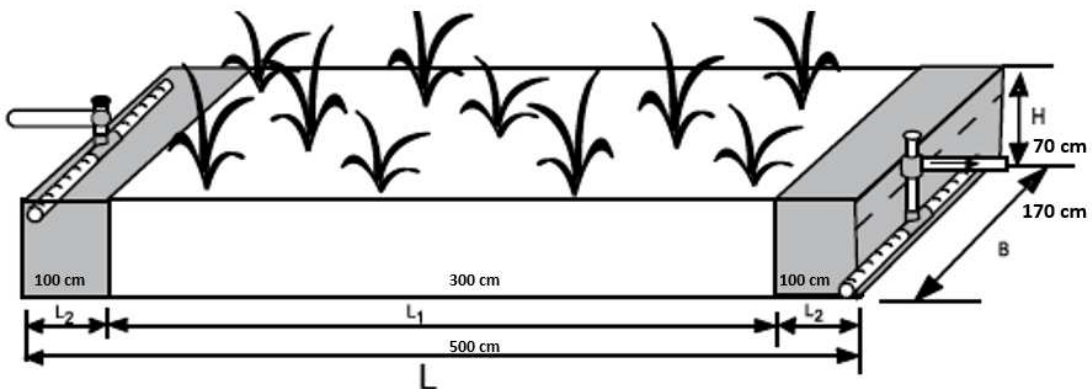


Figura 16. Medidas Para la Determinación de Materiales. Fuente: Modificado de Rosales, 2006

Los tramos de la longitud L_2 son para colocar la piedra gruesa de promedio 5 pulgadas

y la L_1 es para colocar la piedra mas pequeña de 0,5 pulgadas, teniendo definidos esos tramos se inicia la colocación de las piedras en el plastico, se empieza a colocar las piedras grande en la T de salida. La tubería queda a 5cm de distancia entre la pared del plástico para que no quede recostado en las piedras, las piedras y gravilla seran el medio filtrante y las medidas de estas son favorables en la siembra de plantas,(figura 17).

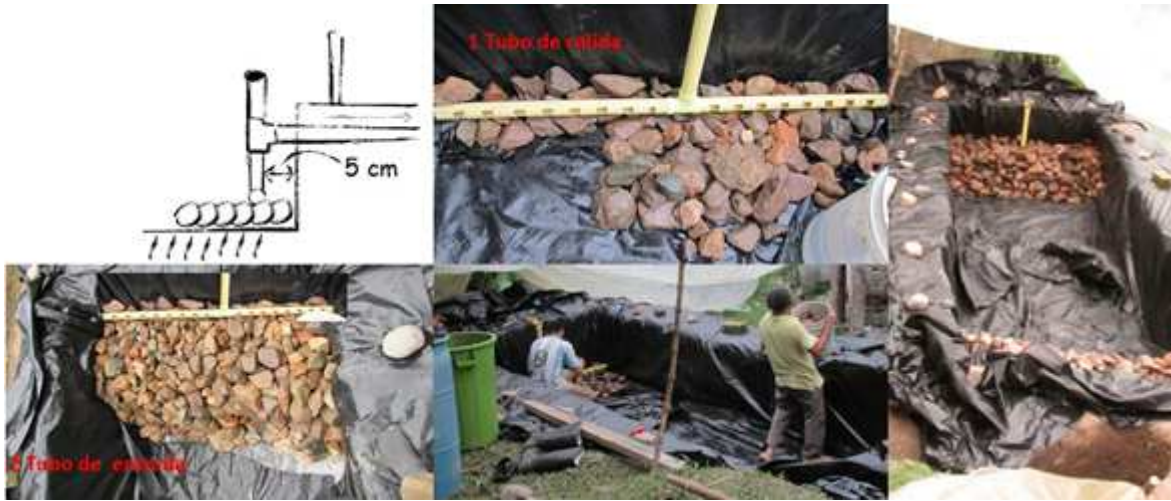


Figura 17. Adecuación de Materiales y tubería.

La medida L_1 es llenado con la gravilla de 0,5 pulgadas dando por terminado el proceso de llenado a la excavación, (figura 18).



Figura 18. Finalización llenado de piedra y gravilla.

7.2.8 Paso para la construcción del tratamiento primario.

Esta parte es muy importante en el tratamiento debido a que los trampa grasas separan sólidos sedimentables y flotantes, además cumple la función de separación de grasas y aceites provenientes de las diferentes actividades del hogar como el lavado de la loza, ropa, ducha y lavamanos.

Se adecuó los niveles desde el sitio donde van a quedar los tanques hacia los diferentes puntos donde viene el agua jabonosa, en este caso se tomaron dos puntos debido a que la vivienda dispone de la cocina en un sitio apartado (figura 19).



Figura 19. Adecuamiento de tubería hacia trampa grasas.

Se realiza la reparación de los tanques de atrapa grasas, perforaciones de 1 $\frac{1}{2}$ con el fin de poner la tubería (figura 20).

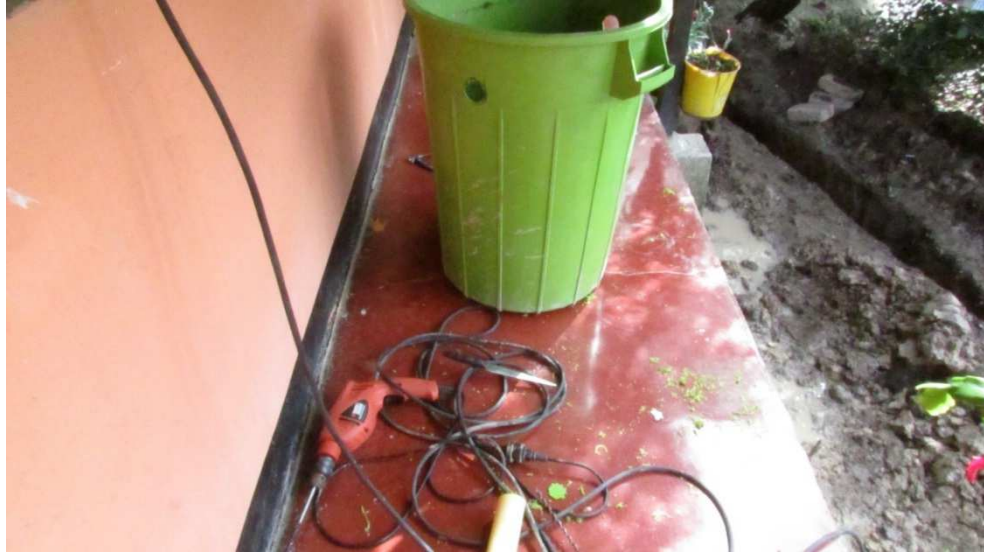


Figura 20. Construcción del Sistema Trampa Grasas.

Los terminales de la tubería en los trampa grasas se adecuan en las entradas con unas “tes”(numero 1), (figura 21) de longitud prolongada de 25cm y en la salida(numero 2) de 35 cm, además de una llave de paso que no permite la entrada de agua a la jardinera durante su mantenimiento.



Figura 21. Diseño de trampa grasas implementado.

En la tapa del primer tanque se le hizo un agujero con el fin de colocar un tubo para la salida de malos olores, este tubo sobre pasa la altura de la casa, ya realizada esta etapa el sistema de biojardinera se pone en funcionamiento de llenado para luego empezar la siembra.



Figura 22. Funcionamiento de trampa grasas.

7.2.9 Siembra de las plántulas Heliconias y papiros.

Las plantas fueron sacadas de jardines provenientes de la misma región, las raíces de estas plantas contenían material de suelo, por lo tanto se procedió a limpiarlas (figura 23).



Figura 23. Adecuación de plántulas para su siembra.

Las plantas fueron sembradas en forma triangular de 40cm por 40cm una de la otra (Rosales, 2016) con el fin de que tengan espacio para su desarrollo y su eficiencia en el sistema (figura 24).



Figura 24. Siembra de plántulas en la biojardinera.

2.4.10 Sistema Biojardinera terminada.



Figura 25. Diseño de Biojardinera Terminado.

El agua tratada de este sistema de biojardinera es vertido a una zanja que desemboca en el afluente hidrico la Criolla (figura 26).



Figura 26. Salida de Agua Tratada.

7.3 Caudal promedio semanal

Se realizó aforo durante una semana las 24 horas del día, para mayor efectividad en el promedio de consumo de agua de la vivienda. Se utilizaron dos canecas de 200 litros debidamente enumeradas.

Se identificó que el uso de agua es mayor en la cocina, esto debido a que en la finca se cuentan con trabajadores recolectores de café y se da la alimentación generando mayor consumo de agua en el lavado de losa.

Tabla 2.

Caudal semanal de Agua Generado en la Finca Las Parcelas.

Aforo de aguas jabonosas	Cocina (L)	Ducha-lavamanos-lavadero (L)	Total (L)
Día 1	167	88	255
Día 2	163	82	245
Día 3	172	242	414
Día 4	174	238	412
Día 5	166	79	245
Día 6	148	240	388
Día 7	122	74	196
total litros semanal	1112	1043	2155

7.4 Análisis de muestra en laboratorio

Para la validación de la eficiencia del sistema se dejó un periodo de prueba de cuatro meses el sistema de biojardinera, durante este periodo transcurrido las plantas y microorganismos se adaptarán a las nuevas condiciones y las raíces de las plantas nuevamente comenzaran a generarse, el motivo de realizar estos análisis a los 4 meses fue para determinar si en esta etapa del tratamiento se pueden observar cambios favorables de remoción de algunos contaminantes puesto que en este transcurso debe representar algunos cambios favorables e ir alcanzando su óptimo rendimiento a partir del año.

7.4.1 Resultados en laboratorio Parámetro de pH.

Las muestras se tomaron a partir de los 4 meses de funcionamiento, en laboratorio el potencial de hidrogeno (pH) para la entrada al sistema de tratamiento se obtuvo un rango de 6,9

pH el cual no cumple con la normas establecida, en la salida del tratamiento se obtuvo un resultado de 6,6 pH dando a conocer que es favorable este rango en el cumplimiento del artículo 8, vertimiento de aguas residuales de la norma Colombiana 631 de Marzo de 2015 y demostrando que el método biojardinera interviene en la mejora de calidad del agua.

7.4.2 Resultados en laboratorio para Grasas y aceites.

Las muestras se tomaron con el funcionamiento de 4 meses y medio de la biojardinera, los resultados obtenidos en laboratorio para la entrada al tratamiento del agua fue de 176,0 mg/L demostrando tener un alto contenido de grasas y aceites incumpliendo con la norma establecida, los resultados de salida son de 8,87 mg/L demostrando una eficaz remoción de grasas y aceites, el sistema de biojardinera cumple en la remoción de este parámetro y demuestra que el tratamiento primario de trampa grasas infiere mayoritariamente en este caso.

7.4.3 Resultados en laboratorio para Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La muestra se tomó con un funcionamiento de la jardinera de 4 meses, en laboratorio para DQO se obtuvo que en la entrada de las aguas jabonosas no tratadas el nivel de concentración es 1022 mg/L O₂ y de salida se obtuvo 122 mg/L O₂ dando cumplimiento con la norma Colombiana de vertimientos de aguas, aún persiste la presencia de materia orgánica en la salida del tratamiento con biojardineras, es evidente los niveles de reducción de DQO con este sistema de tratamiento en el que influye cada uno de los componentes que conforman la estructura.

7.4.4 Resultados en laboratorio para Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5).

Las muestras en laboratorio fueron tomadas con 4 meses de estar funcionando la biojardinera, los resultados en laboratorio antes de la entrada al tratamiento contiene altos niveles de DBO₅ >600 mg/L O₂ no cumpliendo la norma, los resultados en la salida del tratamiento son favorables 99 mg/L O₂ pero no son suficientes para cumplir los parámetros establecidos en la norma, aunque en tan solo 4 meses el potencial de la biojardinera es de un 50% de eficiencia se obtuvieron estos resultados favorables inferimos que a partir del año de funcionamiento de la biojardinera fácilmente puede llegar a cumplir este parámetro ya que en este periodo de tiempo alcanza el 100% de su potencial.

7.4.5 Resultados en laboratorio para Solidos Suspendidos Totales (SST).

Con 4 meses de funcionamiento de la biojardinera igualmente que otros parámetros se tomaron los análisis para su respectivo análisis, para la entrada del sistema se obtuvo resultados de 58,127 mg/L y en la salida se obtuvo 1,071 mg/L reportando que se hace una remoción considerable pero que de igual forma la entrada al tratamiento está cumpliendo con la norma Colombiana establecida.

7.4.6 Resultados en laboratorio para Solidos sedimentables (SSED).

Se realizó la toma de las muestras con 4 semanas de funcionamiento de la jardinera, en laboratorio los resultados para la entrada al tratamiento se obtiene 6 ml/L de solidos

sedimentables, conteniendo una carga que supera el rango establecido por la norma 631 de marzo de 2015, capítulo 8 parámetros fisicoquímicos en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, para el caso del resultado de salida del tratamiento se obtuvo 0 ml/L, una eficiencia del 100% dando cumplimiento con la norma.

7.4.7 Resultados en laboratorio para Fosforo (leído como Ortofosfatos).

Se tomaron las muestras con 4 meses y medio de estar funcionando el sistema, los resultados para la entrada del sistema son 0,34 mg P-(PO₄)³⁻/L y una salida de 0,20 mg P-(PO₄)³⁻/L, la remoción de contaminación no es tan considerable pero logra dar cumplimiento al rango establecido por la norma.

7.4.8 Resultados en laboratorio para Compuestos Nitrogenados.

Las tomas de muestras se realizaron con un tiempo de 4 meses de funcionamiento de la jardinera obteniendo los siguientes resultados.

Para Nitritos (N-NO₂⁻) en la entrada 0,06 mg/L y salida 0,0 mg/L, para Nitratos (N-NO₃⁻) en la entrada 0,03 mg/L y salida 0,02 mg/L, se concluye que hay una reducción de los parámetros positiva y que la implementación del método biojardinera para este punto reduce los niveles de carga.

7.4.9 Resultados en laboratorio para Detergentes y Tensoactivos (SAAM).

Las muestras se tomaron con 4 meses y medio de fruncimiento del sistema biojardinera, el resultado para la entrada al tratamiento es de 12,7 mg/L y una salida de 12,2 mg/L de detergentes y tensoactivos, concluyendo que para detergentes y tensoactivos no se observan cambios leves en la reducción de estos compuestos, los sistemas radiculares de las plantas en esta etapa no están totalmente desarrolladas, se necesitaría de más tiempo para que se presenten mejores resultados en la salida del tratamiento.

Tabla 3.

Comparación de Resultados en Laboratorio con la resolución 631 del 15 marzo 2015 capítulo 8.

Parámetro	Unidades	Entrada de agua hacia la el sistema de tratamiento	Salida de agua tratada	Norma Colombia 631 de marzo 2015 artículo 8
pH	Unidades de pH	5,9	6,6	6-9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	1022	122,00	200,00
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	>600	99	90,00
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	58,127	1,07	100,00
Solidos sedimentables (SSED)	mL/L	6	0	5
Grasas y Aceites Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	176	8,87	20,00
Compuesto de Fosforo Leído como Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,34	0,20	Análisis y reporte
Compuestos de Nitrógeno Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	0,06	0,0	Análisis y reporte
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,03	0,02	Análisis y reporte
Detergentes y tensoactivos (SAAM)	mg/L	12,7	12,2	Análisis y reporte

Los parámetros evaluados tuvieron unos resultados favorables, fue evidente la remoción que se obtuvo durante el periodo de 4 meses, cabe destacar que la biojardinera en esta etapa tiene un potencial del 50% de eficiencia por tal motivo se está en la mitad de su potencial y no se obtienen resultados completamente determinados, los parámetros de remoción se irán mejorando a medida que la adaptabilidad de las plantas y microorganismos estén completamente adaptados. Tuvimos una excepción de DBO₅ que no logro cumplir con la norma pero que a partir del año de estar funcionando la biojardinera se obtendrán mejores resultados debido a que se obtendrá un alcance del 100% de su potencial.

7.5 Análisis socialización de la encuesta

La socialización se realizó en la escuela de la vereda el Jardín con la presencia de 18 representantes de familia, las personas que recibieron la información destacaron la importancia que se debe tener en el cuidado del medio ambiente ante los temas socializados sobre las problemáticas generadas con aguas jabonosas o grises, se resalta la curiosidad en conocer más sobre el proyecto biojardineras, se presentó interés en conocer los costos de implementación de la jardinera y las plantas causó gran atractivo para las amas de casa en el embellecimiento de las viviendas, se mencionó inquietudes por la falta de apoyo de entidades gubernamentales para esta clase de proyectos y quedó la satisfacción por dar a conocer este tipo de proyectos es estas áreas de la población, es viable este proyecto para las personas que pueden realizar este tipo de costes dentro de sus fincas.

7.6 Análisis del Proyecto

Este proyecto como método para el tratamiento de aguas jabonosas en el sector rural de Pitalito es favorable, la implementación de la biojardinera es viable por los resultados de laboratorio obtenidos, hablamos que el sistema ha funcionado a un 50% de su capacidad en 4 meses y ya se está dando un tratamiento evidente al agua, además de esto se ve reflejado en la vivienda un cambio embellecedor, atractivo y tema a tratar de quien observa la biojardinera, relativamente hacer este proyecto en las viviendas es sencillo y los habitantes de estas comunidades deberían ponerlo en práctica para el cuidado del medio ambiente.

7.7 Modos de reutilización del agua tratada

Según Rosales (2006), El agua al final del tratamiento de la biojardinera, se debe de conducir a sitios donde su impacto sea lo menos negativo posible con el medio ambiente, ya que no se encuentra totalmente libre de contaminantes, pero se pueden dar tres posibilidades para reutilizar el agua, ya sea infiltrarla en el terreno circundante, hacer un vertido en algún cauce superficial cercano o usarla en el mismo hogar para lavado de pisos o fachadas de la vivienda, usos en los baños sanitarios, lavado de vehículos automotores, riego de jardines, riego de patios y vías transitadas, lavado de herramientas y utensilios utilizados en la agricultura (dado el caso para finca).

8. Conclusiones

La instalación del Sistema de biojardinera subsuperficial en la finca las Parcelas es fácil de implementar y económico. Este sistema no requiere de gran inversión con un costo total de \$1,300,000 COP y sus materiales para la construcción se encuentran con facilidad permitiendo ser más asequible su implementación para el tratamiento del agua jabonosa.

Los análisis del agua tratada obtuvieron resultados favorables cumpliendo con la resolución 15 de marzo de 2015 artículo 8, dado para el caso de los análisis físicos, el pH de entrada fue de 5,9 y salida de 6,6; SST en la entrada del tratamiento 58,127 mg/L y salida 1,07 mg/L, SSED, entrada de 6 ml/L y salida de 0 ml/L. y los análisis químicos de DQO 1022 mg/L y salida de 122 mg/L, grasas y aceites una entrada de 176 mg/L y salida de 8,87 mg/L, para fosforo entrada de 0,34 mg/L, y salida de 0,20 mg/L, nitratos entrada de 0,06 mg/L y salida de 0 mg/L y nitritos una entrada de 12,7 mg/L y salida de 12,2 mg/L; este sistema contribuye a eliminar gran parte de la carga contaminante que llega directamente al recurso hídrico.

El parámetro químico de DBO_5 no logro el resultado esperado debido a su alto grado de concentración, (entrada >600 mg/L O_2 y salida 99 mg/L O_2) la remoción no fue suficiente con cuatro meses de funcionamiento, esperando a partir del año que el sistema logre su alcance óptimo de remoción.

9. Recomendaciones

Se recomienda una validación de este proyecto a largo plazo para conocer la eficiencia de la biojardinera y su posible utilización de las aguas en la agricultura, ya que, de acuerdo a Rosales (2006), en su manual, indica que el sistema de biojardinera es eficiente a partir del año de estar establecido.

10. Bibliografía

- Arias I, C., & Hans, B. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.
Recuperado de file:///D:/Desktop/Humedales_artificiales_para_el_tratamiento_de_agua.pdf
- Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (Junio de 2013). Nitrógeno en aguas residuales.
Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007
- Chaverri Arce, O. (2005). Evaluación técnica de las plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario en las urbanizaciones bosques de Santa Ana y lomas de Curridabat .
Recuperado de
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/959/1/25268.pdf>
- Chinchilla Paniagua, M. (septiembre de 2015). Relación de parámetros de diseño de trampa de grasas versus su eficiencia. Recuperado de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0503_MT.pdf
- Comite Nacional de Cafeteros de Colombia. (13 de Diciembre de 2016). *Comite de cafeteros del Huila*. Recuperado de <https://huila.federaciondecafeteros.org/>
- Cordero Camacho, D. (2003). Procuencas, protección y recuperación de microcuencas para el abastecimiento de agua potable en la provincia de Heredia, Costa Rica. Recuperado de
http://www.undp.org/cu/eventos/aprotegidas/pre-PSA_CRica-Procuencas_Heredia.pdf
- Delgadillo López, A. E., González-Ramírez, C. A., & Prieto García, F. (2011). Fitorremediación.
Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

- Díaz Pulido, A. P., Hernández, N. C., & Muños Moreno, D. P. (Junio de 2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-05792009000100005
- García Serrano, J., & Corzo Hernández, A. (Noviembre de 2008). Depuración con Humedales construidos. Recuperado de http://humedales-construidos-wetlands.fr/wp-content/uploads/2015/11/JGarcia_and_ACorzo.pdf
- Gerardo, A. (16 de Junio de 2016). Tratamiento de aguas grises. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fpZ4Rezp00Y>
- Gonzales Restrepo, D. (2015). Remoción de contaminantes en humedales Construidos. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5515/333918G643r.pdf?sequence=1>
- Gonzales Rivera, S. C., Benavidez Flores, D., Cortes Días, R., & Vásquez Niño, E. (2008). Jabones y detergentes. Recuperado de Impacto ambiental: http://jabonesydetergentes.tripod.com/Creadores_de_la_pagina.html
- Hanna instruments. (s.f.). Demanda química de oxígeno. Recuperado de http://www.hannaarg.com/pdf/002DQO_nota_tecnica.pdf
- Haro González, M. E., & Aponte Hernández, N. O. (Junio de 2010). Evaluación de un humedal artificial como tratamiento de agua residual en un asentamiento irregular. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1399/Tesina.pdf?sequence=1>

Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México. Recuperado de

https://books.google.com.co/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA76&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false

Manrique, E. (s.f.). Manual Construcción y mantenimiento de biojardineras. Acepesa.

Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/86342156/Manual-Construccion-y-mantenimiento-de-biojardineras-Acepesa>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (18 de Abril de 2015). Resolución 631 de 2015.

Recuperado de

http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_minambienteds_0631_2015.htm

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (02 de Marzo de 2009). Por la cual se

prohíbe la fabricación, importación, distribución y comercialización de detergentes que contengan fósforo por encima de los límites máximos establecidos. Recuperado de

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0427_020309.pdf

Ministerio del medio ambiente. (19 de Diciembre de 1973). Ley 23 de 1973. Recuperado de

http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf

Ministerio del medio ambiente. (s.f.). Ministerio del medio ambiente. Recuperado de Ley 99 de

1993: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Moncada Corrales, S. (Mayo de 2011). Evaluación de un diseño de biojardinera de flujo

subsuperficial para el tratamiento de aguas grises en Zapote, San José. Recuperado de

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2874/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Calidad del agua potable con el fin de prevenir brotes epidémicos y enfermedades relacionados con el agua. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr67/es/index1.html>

Paredes Gilón, L. (2014). Remoción de contaminantes en la estabilización de humedales construidos de flujo vertical, sembrados con heliconias (sp) para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4813/333918P227.pdf?sequence=1>

Peña Salamanca, E. J., Madera Parra, C., & Sánchez, J. (Octubre de 2013). Bioprospecting of native plants for their use in bioremediation process: Heliconia case (Heliconiaceae). Recuperado de Bioprospecting of native plants for their use in bioremediation process: Heliconia case (Heliconiaceae): http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082013000400004

Peña Torres, M. A. (2014). Manual de aguas laboratorio de aguas y suelo. Pitalito: SENA.

Silva, Ángela Sofía & Zamora, Hernán Darío. (2005). Humedales Artificiales. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/1106/1/angelasofiasilvahernandariozamora.2005.pdf>

Rosales Escalante, E. (0btubre de 2016). Creando jardines para limpiar nuestra agua. Recuperado de Manual para la construcción de biojardineras: https://issuu.com/cambioclimaticocoahuila/docs/manual_tratamiento_aguas_grises_con

Sofía Silva, á., & Darío Zamora, h. (2005). Humedales Artificiales. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/1106/1/angelasofiasilvahernandariozamora.2005.pdf>

Universidad Autónoma de Nueva León . (s.f.). Jabones y detergentes. Recuperado de Impacto ambiental: http://jabonesydetergentes.tripod.com/Creadores_de_la_pagina.html



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

• ¿Cree usted que agua utilizada genera contaminación a la quebrada la Criolla?

SI ___ NO ___

- ¿Realiza algún tipo de tratamiento para las aguas jabonosas o aguas grises?

SI ___ NO ___ ¿Por qué razón? _____

¿Cree usted que es importante el realizar algún tipo de tratamiento de aguas jabonosas?

SI ___ NO ___ PORQUE _____

- ¿Cuál creería usted que son las principales razones por las que no se cuenta con un sistema de tratamiento de estas aguas jabonosas?

Firma estudiantes:

Cesar Augusto Rodríguez.

Edwin Rengifo Guerra



Fotografía: (Sandoval Sierra, Claudia L)

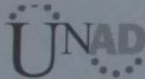


Fotografía: (Sandoval Sierra, Claudia L)

11.2 Anexo socialización de implementación proyecto Biojardinera




Fotografía:(Sandoval Sierra, Claudia L).


24/8/2018
 Universidad Nacional
 Abierta y a Distancia

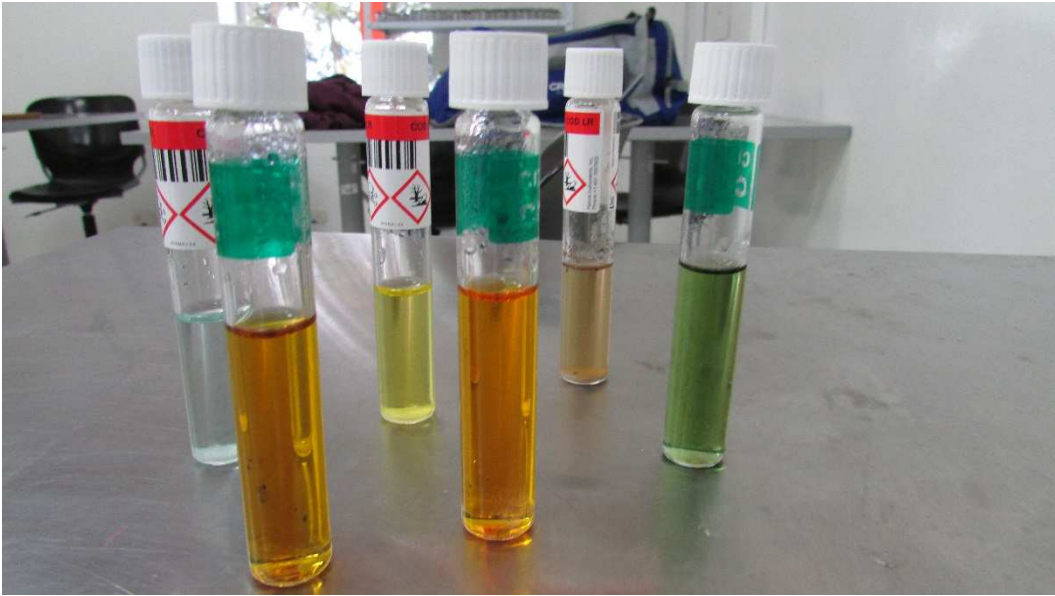
**Evaluación de un sistema de Biojardinera como alternativa de tratamiento de aguas jabonosas
 proveniente de la vivienda Las Parcelas de la vereda El Jardín, corregimiento de Criollo.**

Asistencia de Socialización Proyecto de grado.

Nombre y apellidos	
1.	Miller Gaviria
2.	Maria Lida Ruiz
3.	Jose Rainero Embachi
4.	July Paola Ramirez Torres
5.	Maria Aide Embachi
6.	Isaura Obando
7.	Segundo Jimenez
8.	Ana Isabel Papamiya
9.	Haris milagros papamiya
10.	Adolfo Rubio S.
11.	Maribel Sanchez
12.	Jose M Jutido
13.	Lionilde Embachi
14.	Nelson Cepeda
15.	Ana Hurtado Vargas
16.	MARILEVGENIA GOMEZ W. TORRES
17.	Jorge E. Caicedo
18.	HARMIDES Embachi
19.	
20.	
21.	
22.	
23.	
24.	


 Universidad Nacional
 Abierta y a Distancia

11.3 Anexo fotográfico en laboratorio



Fotografía:(Autores)



Fotografía:(Autores)



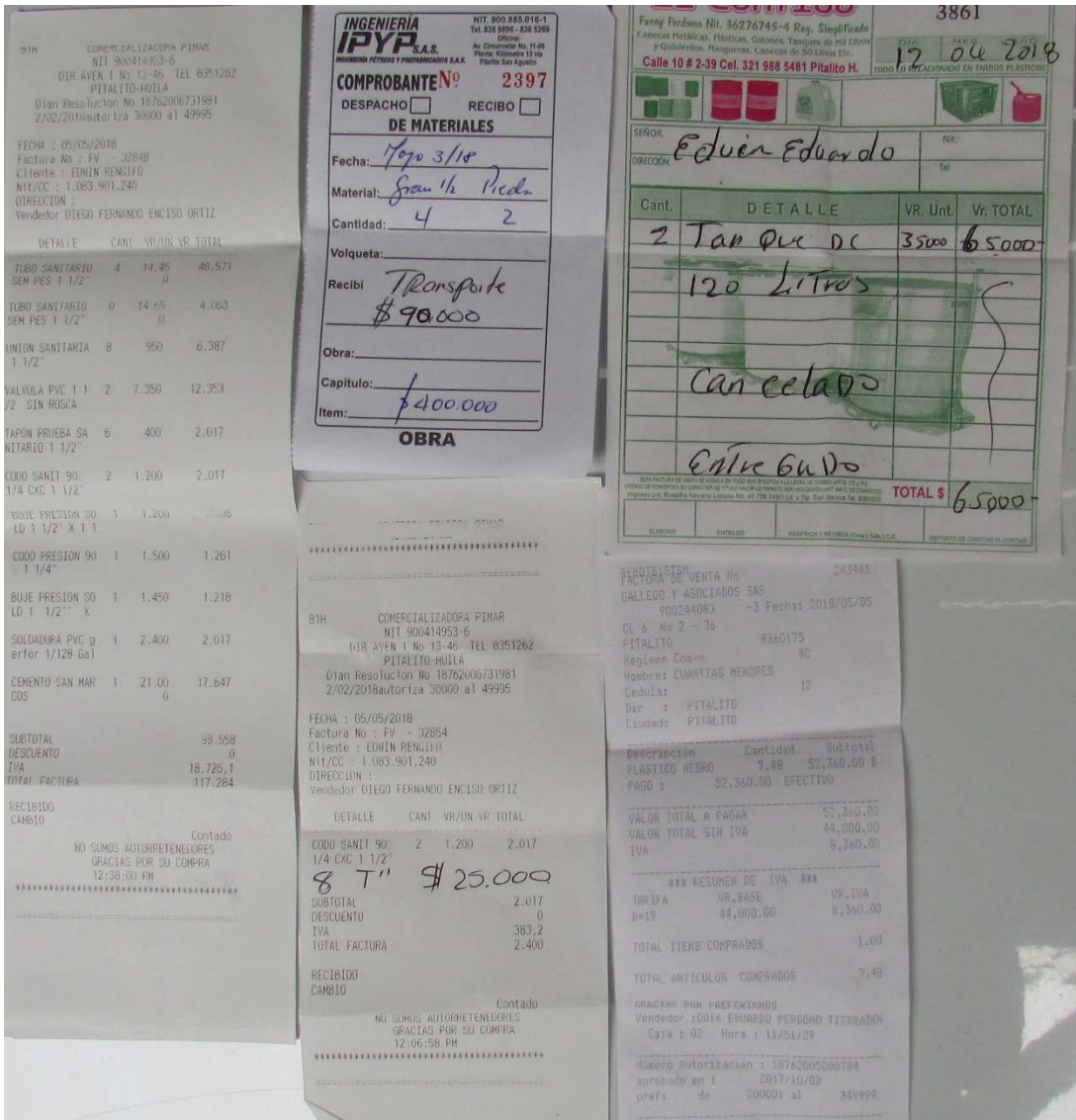
Fotografía:(Autores)

11.4 Anexo costo de materiales de construcción de Biojardinera

Tabla 4.

Costos de materiales Biojardinera.

Detalle	Cantidad	valor total
Tubo sanitario 1 1/2"	4	48,571
Tubo sanitario 1 1/2"	2m	4,063
Unión sanitaria	8	6,387
Válvula PVC1 1/2" sin rosca	2	12,353
Tapón prueba sanitaria 1 1/2"	6	2,017
Codo sanitario 90 1 1/2"	4	8,068
Buje presión S0 LD 1 1/2" X 1 1	1	1,208
Codo presión 90 1 1/4"	1	1,261
Buje presión LD 1 1/2"	1	1,218
Soldadura PC	1	2,017
silicona negra	1	5,000
Cemento San Marcos	1	17,647
Tés 1 1/2"	8	25,017
Gravilla 1/2"	4m	300,000
Pierda	2m	100,000
Plástico negro	7,48 kg	53,360
transporte piedra y gravilla		90,000
tanques 120L	2	65,000
Transporte heliconias		30,000
Jornales	15	525,000
total		\$1.298,187



Fuente: (Autores)