

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente



“Tratamiento y reúso de aguas grises en comunidades rurales de los municipios de Guacotecti y Victoria, Cabañas, con enfoque agroecológico para producción agrícola o huertos caseros”

Br. José Ezequiel Menjivar Hernández

Presentada como requisito para obtener el Título de Ingeniero Agroindustrial

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2021

Esta investigación fue realizada bajo la dirección del comité de Investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de

Ingeniero Agroindustrial

Comité de Tesina

Ing. Agr. M. Sc. José Mauricio Tejada Asensio
Tutor de tesina
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. Agr. M. Sc. Ph. D. Miguel Ángel Hernández Martínez
Coordinador del curso de especialización

Ing. Agr. M. Sc. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Coordinador de Procesos de Graduación
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambient

1. DEDICATORIA

A Dios todo poderoso: Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de poder aspirar a obtener un título universitario, herramienta que me será de enorme utilidad en la vida para desarrollarme y crecer como ser humano, ayudar a mis padres, a mi familia en general, a mi país, y a toda la sociedad contribuyendo como profesional.

A mis padres: Por brindarme la ayuda en todo momento y de todo tipo para prosperar en la vida, para seguir adelante y para lograr los objetivos propuestos para mi vida, a mi madre que es un ejemplo para seguir para mí y a mi papa que siempre se esforzó por nosotros, y que gracias a sus esfuerzos he logrado llegar lejos en mi trayectoria de vida.

A mis docentes: Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Nacional de El Salvador, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al ing. Mauricio Tejada, por su orientación en mi tesina para poder optar al grado de Ingeniero Agroindustrial.

2. AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso: Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de poder aspirar a obtener un título universitario, herramienta que me será de enorme utilidad en la vida para desarrollarme y crecer como ser humano, ayudar a mis padres, a mi familia en general, a mi país, y a toda la sociedad contribuyendo como profesional.

A mis padres: Por brindarme la ayuda en todo momento y de todo tipo para prosperar en la vida, para seguir adelante y para lograr los objetivos propuestos para mi vida, a mi madre que es un ejemplo para seguir para mí y a mi papa que siempre se esforzó por nosotros, y que gracias a sus esfuerzos he logrado llegar lejos en mi trayectoria de vida.

A mis amigos: Por brindarme su apoyo en todo momento para determinarme en el buen camino, por los buenos consejos a mis amigos profesionales que con sus ejemplos y experiencias me motivaron a seguir adelante en todo momento a toda hora sin desmayar hasta lograr el objetivo.

INDICE GENERAL

1.	DEDICATORIA	III
2.	AGRADECIMIENTOS	IV
3.	INDICE GENERAL	V
I.	INTRODUCCIÓN.....	9
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
III.	OBJETIVOS.....	11
3.1	Objetivo general.....	11
3.2	Objetivos específicos.....	11
IV.	ESTADO DEL ARTE	12
4.1	Relación hombre, agua residual y medio ambiente en El Salvador.....	12
4.2	Una transformación milagrosa (FUNDESYRAM El Salvador).....	12
4.3	Utilizar Aguas Resídales Del Hogar Para El Huerto (FUNDESYRAM El Salvador)	13
4.4	Reutilización de aguas grises (San Francisco Menéndez, Ahuachapán, El Salvador).....	13
4.5	Otros países.....	14
4.6	Experiencias e importancia de tratar el agua residual doméstica.	16
4.7	Experiencias e importancia de tratar el agua residual doméstica.	16
4.8	Experiencias con tratamiento agroecológicos en LATAM.....	17
V.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
5.1	Aguas residuales.....	17
5.2	Aguas Grises	18
5.3	Composición del agua gris	19
5.4	Parámetros de clasificación del agua	20
5.5	Características químicas.....	22
5.6	Características biológicas	24
5.7	Tratamiento de aguas grises	25
5.8	Trampa de grasa.....	30
5.9	Tratamiento en agua, humedales	32
5.10	Legislación a cumplir para aguas residuales en el salvador	36
5.11	Decreto 50 sobre agua para riego.....	37

5.12	Límites permisibles de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a medio receptor	37
VI.	METODOLOGÍA	38
6.1	Metodología de oficina	38
6.2	Descripción del lugar de estudio.....	39
6.3	Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.	41
6.4	Tipo de investigación	42
6.5	Metodología de campo.....	42
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
7.1	La Asociación de Desarrollo Económico Social (ADES)	42
7.2	Comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti	43
7.3	Muestreo de aguas grises	44
7.4	Análisis de las diferentes muestras.....	44
7.5	Observación general de los diferentes lugares.....	45
7.6	Biojardinera como humedales artificiales.....	45
7.7	Descripción de los componentes	47
7.8	Componentes y estructuras	50
7.9	Análisis de los sistemas y tecnologías.....	50
VIII.	CONCLUSIONES	61
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	63
X.	ANEXOS	66

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Componentes encontrados en agua residual doméstica	18
Cuadro 2.	Composición general de las aguas residuales.	20
Cuadro 3:	Límites permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor.....	37
Cuadro 4.	Materiales utilizados en los sistemas.	43
Cuadro 5.	Elementos que conforman el sistema en Guacotecti y Santa Marta	47
Cuadro 6.	Componentes y materiales de construcción.	50
Cuadro 7.	Resultado de Ph.....	51
Cuadro 8.	Valores de Temperatura.....	53

Cuadro 10. Valores de Solidos Disueltos Totales.....	56
Cuadro 11. Valores de Oxígeno Disuelto	57

Índice de figuras

Figura 1: Reutilización de aguas grises en San Francisco Menéndez, Ahuachapán, El Salvador	13
Figura: 2 Tecnología de tratamiento de aguas grises en NICARGUA.....	14
Figura 3. Ejemplo de un sistema de tratamiento de aguas grises de uso doméstico.....	18
Figura 4 Reúso del agua para Riego agrícola	15
Figura 5: Tratamiento primario y su respectivo tanque de sedimentación rectangular.	29
Figura 6: Humedal artificial o tipo biojardinera.....	33
Figura 7: Tipos de humedales artificiales.....	33
Figura 8. Mapa de ubicación de Guacotecti, punto de estudio.....	40
Figura 9: Vista Satelital de Santa Marta	40
Figura 10: Estructura observada para el tratamiento de aguas grises.	43
Figura 11: Obtención de muestras de agua en ADES.....	44
Figura 12: Análisis de las muestras en ADES.....	44
Figura 13: Análisis de las muestras en SANTA MARTA	44
Figura 13: Observación general de los lugares visitados	45
Figura 14: Observación general de los lugares visitados	45
Figura 15: Biojardinera utilizada en San Marcos, comunidad rural.....	46
Figura 16: Biojardinera utilizada en San Marcos, comunidad rural.....	46
Figura 17: Biojardinera utilizada en San Marcos, comunidad rural.....	46
Figura 18: Biojardinera utilizada en San Marcos, comunidad rural.....	46
Figura 19. ADES, Santa Marta	48
Figura 20. San Marcos, Guacotecti	¡Error! Marcador no definido. 47
Figura 21: Plantas Fito depuradoras en apogeo. Punto 2 de San Marcos, Guacotecti.....	60
Figura 22: Cultivar de caña de azúcar. Punto 2 de San Marcos, Guacotecti.....	60
Figura 23: Plantas Fito depuradoras en apogeo. Punto 2 de San Marcos, Guacotecti.....	60
Figura 24: Muestras y su turbidez.....	60

Índice de gráficos

Grafica 1. Valores obtenidos de Ph en muestras.....	52
Grafica 2. Valores de temperatura.....	¡Error! Marcador no definido.
Grafica 3. Valores de Salinidad	55
Grafica 4. Valores de Solidos Totales Disueltos	56
Grafica 5. Valores de Oxígeno Disuelto.....	58

Índice de anexos

Anexo A1. Identificación de trampas de grasa del sistema de tratamiento de aguas residuales	66
Anexo A2. Trampa de grasa del sistema de tratamiento de aguas grises	66
Anexo A3. Flujo de aguas grises de trampa de grasa hacia humedal	67
Anexo A4. Humedal artificial para tratamiento de aguas grises en Guacotecti	67
Anexo A5. Toma de mediciones mediante la sonda paramétricas en Guacotecti.	68
Anexo A6. Medición de parámetros mediante sonda paramétrica en muestra tomada de trampa de grasa.68	
Anexo A7: Toma de mediciones mediante la sonda paramétricas en Guacotecti.	69
Anexo C1. Parámetros obtenidos de las aguas grises de la cafetería de ADES en Santa Marta.	70
Anexo C2. Parámetros obtenidos de las aguas residuales generadas en los servicios sanitarios de ADES en Santa Marta.....	70
Anexo C3. Parámetros obtenidos de las aguas grises en punto 1 de muestreo, comunidad rural de San Marcos, Guacotecti	70
Anexo C4. Parámetros obtenidos de las aguas generadas en punto 2 de muestreo, comunidad rural de San Marcos, Guacotecti	71
Anexo C5. Parámetros obtenidos de el punto 3 de muestreo, comunidad rural de San Marcos, Guacotecti.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C6. Parametros permisibles en Decreto N° 50.....	65

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los desechos contaminantes más peligrosos que produce el ser humano son las aguas residuales. Con este nombre se agrupan todas las aguas que, debido a la acción del hombre, han sido contaminadas y son potencialmente peligrosas en el caso de que sean vertidas en el medio ambiente sin un tratamiento previo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque todas ellas sean aguas residuales o aguas de desecho, no todas son iguales ni todas llevan la misma cantidad y calidad de contaminantes por lo que su clasificación es diferente según (INTAGRI 2011).

Los problemas ambientales resultantes de las practicas rurales son importantes de estudiar debido a que tienen un impacto ambiental, por eso los sistemas de tratamiento de aguas grises deben ser diseñados y construidos con el objetivo de convertir el líquido residual proveniente del uso de las aguas en zonas rurales, en un efluente final aceptable y que pueda ser utilizable en huertos agrícolas o en la producción agrícola misma de las zonas rurales.

Para poder generar una reutilización de las aguas grises y que estas no generen ninguna clase de contaminación al ambiente es necesario que estas atraviesen por un tratamiento para que la carga orgánica adquirida en la utilización se vea reducida a valores permisibles establecidos por las normativas reguladoras internas como son el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.05.01:18) y el Decreto N^o 50 (Reglamento Sobre La Calidad Del Agua, El Control De Vertidos Y Las Zonas De Protección) entre otras.

La presente tesina estudia los tratamientos empleados en la comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti y la comunidad rural de Santa Marta, municipio de Victoria, departamento de Cabañas, para las aguas grises enfocado en un tratamiento de bio jardineras o humedales artificiales, para ser utilizadas en actividades secundarias mediante un tratamiento adecuado para el vertido final y un reúso óptimo en la producción agrícola de los habitantes de la comunidad rural, mejorando de esta manera la calidad de vida y su entorno ambiental y sociocultural.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática del vertido final de las aguas grises, el tratamiento adecuado para su reúso y el aprovechamiento óptimo de estas aguas en las comunidades rurales, es de mucha importancia en primer lugar por la falta de conocimientos técnicos en cuanto a la materia de tratamiento y reúso de aguas grises, la infraestructura necesaria a implementarse para echarse a andar las tecnologías de tratamiento de aguas grises, los problemas ambientales ocasionados por el impacto de estas aguas grises a las comunidades rurales y el cumplimiento vigente de las diferentes normativas que regulan las acciones correspondientes a la actividades del reúso y tratamiento de aguas grises en comunidades rurales (Domínguez *et al* 2009).

Son en las comunidades rurales las problemáticas a plantar cara en lo referente al tratamiento y reúso de las aguas grises por lo que se debe proporcionar y proponer en base a la información científica ya existente, soluciones a futuro referente a este problema, tratando y reutilizando de manera óptima y eficiente las aguas grises provenientes de actividades domésticas en las comunidades rurales.

Debido a lo anterior se plantea la siguiente problemática:

¿Es la falta de conocimiento técnico e infraestructura adecuada lo que evita el tratamiento y el reúso de aguas grises provenientes de actividades domésticas en las comunidades rurales de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti y la comunidad rural de Santa Marta, municipio de Victoria, departamento de Cabañas, lo que genera efectos ambientales adversos, ¿así como el incumplimiento de las normativas vigentes para el vertido final?

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Caracterizar el tratamiento y reúso de las aguas grises en la comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti y la comunidad rural de Santa Marta, municipio de Victoria, Cabañas, El Salvador.

3.2 Objetivos específicos

- Describir las características de las tecnologías utilizadas para la depuración de aguas grises y definir los criterios a tomar en cuenta para el reúso del agua según las normativas nacionales o alguna otra normativa que regule este accionar.
- Analizar las tecnologías de tratamiento de aguas grises en la comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti y la comunidad rural de Santa Marta, municipio de Victoria, Cabañas.
- Medir la calidad de las aguas grises mediante el muestreo con la sonda multi paramétrica en los lugares donde se hace uso de la tecnología de tratamiento de aguas grises, midiendo los parámetros de calidad en las muestras tomadas.

IV. ESTADO DEL ARTE

4.1 Relación hombre, agua residual y medio ambiente en El Salvador.

Según Domínguez *et al* (2018), el recurso hídrico en El Salvador está siendo altamente afectado por la presión humana sobre el mismo, agravando cada vez más su situación de disponibilidad; tanto en cantidad y como en calidad. Estos factores de presión son principalmente la sobreexplotación de los acuíferos, el vertido de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua (sin darles un tratamiento previo o con un tratamiento inadecuado), los cambios en el uso de suelos, deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros.

4.2 Una transformación milagrosa (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, FUNDESYRAM El Salvador)

Según Sánchez (2019). De una parcela yerma a un huerto exuberante en 3 meses. Los recursos biológicos en que se han basado son:

1. Tratamiento de las aguas grises (WC) con lombrices rojas.
2. Reutilizar las aguas grises por distribución directa bajo acolchado.
3. El efecto del acolchado.

Hay que decir que, en este caso, los propietarios decidieron por razones constructivas y personales, tener un WC hidráulico en lugar de un WC seco, aun sabiendo que éste último elimina el problema de las aguas negras y ahorra mucha agua. Su principal preocupación era la facilidad de revender la casa.

Hablando con ellos, de su estilo de vida, de sus intereses y de sus posibilidades, y viendo las características del lugar donde tienen la parcela, vimos también la oportunidad de hacer una reutilización integral de sus aguas residuales y de paso, de un montón de nutrientes desaprovechados en la zona. Además, era un caso muy asequible para incluirlo dentro del programa de aprendizaje del IPM.

En este caso se trata de un proyecto diseñado para ser autoconstruido, reutilizando materiales de descartables que tanto abundan en nuestro medio ambiente, e inventando soluciones con los materiales y habilidades disponibles (Sánchez 2019).

4.3 Utilizar Aguas Residuales Del Hogar Para El Huerto (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, FUNDESYRAM El Salvador)

Las aguas residuales de una casa son: agua limpia + nutrientes + calor. ¿Por qué tirarlas cuando todas esas cosas son tan valiosas? Simplemente hay que saber cómo devolverles su valor.

En este caso se trata de un proyecto diseñado para ser autoconstruido, reutilizando materiales de que a veces se desechan y que abundan en nuestro medio ambiente, e inventando soluciones con los materiales y habilidades disponibles.

Es por tanto una solución adaptada a las condiciones particulares del lugar y de las personas, y en cada caso se requiere “diseño” para encontrar las conexiones más apropiadas. Hablando en términos permaculturales lo que se ha hecho aquí es convertir un problema existente, (aquí y en mil sitios más), en una solución asequible y elegante (FUNDESYRAM 2021).

4.4 Reutilización de aguas grises (San Francisco Menéndez, Ahuachapán, El Salvador)

Con el apoyo de la cooperación internacional, las comunidades adoptan buenas prácticas para el uso del agua. Un ejemplo es la práctica implementada por FAO para el reúso de las aguas grises provenientes de usos domésticos. La práctica consiste en filtrar las aguas (figura 1.) producto de la limpieza o del lavado de trastes o utensilios de cocina y de ropa para utilizarlas nuevamente para higiene o riego de cultivos (FUNDESYRAM 2021).



Figura 1: Reutilización de aguas grises en San Francisco Menéndez, Ahuachapán, El Salvador

4.5 Otros países

4.5.1 Nicaragua

La reutilización de aguas grises en Nicaragua según Marena (2003) es un tema de vital importancia, Nicaragua está implementando tratamiento de aguas grises debido a que hoy día en muchos países las fuentes de agua dulce se están agotando, y se están obteniendo gran parte del agua utilizada en la agricultura mediante el tratamiento y reúso de las aguas grises, para ellos la reutilización de aguas grises de lavado (figura 2) representa la solución a muchos de sus problemas relacionados con el abastecimiento de agua para uso tales como lavado de vehículos, inodoros, riego en la agricultura reduciendo así la presión sobre las fuentes de agua que cada día se explotan y contaminan a un ritmo acelerado, disminuyendo al acceso a un servicio de agua potable segura para el consumo humano.



Figura: 2 Tecnología de tratamiento de aguas grises en Nicaragua.

4.5.2 El tratamiento de aguas residuales y su reúso en México

Según Escalante *et. al* (2002). En México aparentemente no se deben presentar problemas de disponibilidad del agua en función del volumen promedio per cápita existente de 4,900 m³/hab/año (cifra 40 % menor que hace 45 años). Sin embargo, además del acelerado descenso que ha tenido en los últimos años, esta cantidad es menor a la indicada internacionalmente de 5,000 m³/hab/año, lo que indica que el país manifiesta dificultades de disponibilidad en algunas regiones, especialmente del centro hacia el norte en donde se manifiestan afectando su desarrollo social y económico. El reúso del agua residual tratada en México cada vez está tomando mayor

importancia, no sólo por la calidad del recurso, sino por la disponibilidad y las interacciones que se tienen con los aspectos ambientales, los económicos y los relacionados con la salud humana figura 4). Es un problema muy serio que requiere de la participación de usuarios, entidades proveedoras, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, de investigación y educativas en el que se tomen de manera integral, responsable y realista las decisiones, así como de emprender las acciones necesarias para su manejo y conservación, considerando que puede transformarse en un recurso no renovable por la sobreexplotación y por el deterioro en su calidad.



Figura 4 Reúso del agua para Riego agrícola

4.5.3 Colombia

En un estudio de Fibras y Normas de Colombia S.A.S. La contaminación urbana debido a la creciente natalidad en el mundo está formada por las aguas residuales de los hogares en todas sus clasificaciones. Ellos mencionan que, durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas, en los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración (Vásquez 2005).

4.5.4 Perú

En su estudio denominado reuso de aguas residuales tratadas para riego en la agricultura” se resalta que actualmente, en Lima, el 88% de los casos de la actividad productiva se realiza en el ámbito rural, quedando claro que el uso de las aguas residuales está más difundido en el riego de cultivos agrícolas ubicados en estas áreas, donde es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación. Las experiencias de uso de aguas residuales tratadas desarrolladas en Lima desde hace más de 10 años permiten recomendar la implementación de actividades productivas como el cultivo de forraje (chala, pasto elefante y alfalfa), árboles frutales (olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros e higueras), tara, tuna para producir cochinilla, bambú y viveros de plantas ornamentales y forestales (DEP s.f).

4.6 Experiencias e importancia de tratar el agua residual doméstica.

Según Vázquez (2005), de la Universidad de Piura, Perú expresaba la importancia en la experiencia de uso agrícola de aguas residuales tratadas en el Perú, Esto se viene desarrollando desde 1974, en la zona de COPARE en Tacna, donde se construyó la primera planta de tratamiento de aguas residuales y que luego permitió la habilitación de 400 hectáreas eriazas para la actividad agrícola. Ya desde 1975 los agricultores reportaban incrementos del 20%.

4.7 Experiencias e importancia de tratar el agua residual doméstica.

El uso de infraestructura complementaria para el aprovechamiento de las aguas residuales, apropiadamente tratadas en riego, representa las acciones complementarias de un proyecto integral de gestión de recursos hídricos, especialmente en zonas áridas. pobladores de esa zona, provenientes del campo y con tradición de agricultores, se posesionaron de las tierras aledañas e iniciaron una importante experiencia de agricultura regada con estas aguas. La experiencia luego se extendió hasta Villa El Salvador, con el apoyo técnico del Programa de Protección Ambiental y Ecología Urbana del Ministerio de Vivienda y Construcción (MVCS). Igualmente, motivó la creación del Parque Zonal Huayna Cápac, que actualmente permite esparcimiento para la población del sur de Lima. El 100% de su producción agrícola, cuando regaban con aguas residuales, en comparación con los cultivos tradicionales que usaban aguas de río y fertilizantes químicos. Así, por ejemplo, la producción de avena forraje se elevó de 12 a 22 TM/ha y la de tomate de 18 a 35 TM/ha. (Vázquez 2005).

Entre el año 2000 y 2003, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (IDRC) ejecutaron una de las

investigaciones de mayor envergadura acerca del manejo del agua residual doméstica en la Región Latinoamericana. En esta investigación, denominada “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial”, participaron catorce países. Su tarea consistió en analizar las experiencias de manejo de las aguas residuales, recomendar estrategias para el diseño e implementación de sistemas que integren el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales, e identificar nuevas oportunidades de intervención en esta región (OPS 2003).

4.8 Experiencias con tratamiento agroecológicos en LATAM

Paradójicamente, el Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas en el desierto costero. El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla. Complejo Biotecnológico de San Juan de Miraflores para el reúso de aguas residuales tratadas como alternativas tecnológicas en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 hectáreas en el desierto del sur de Lima (DEP s.f).

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Aguas residuales

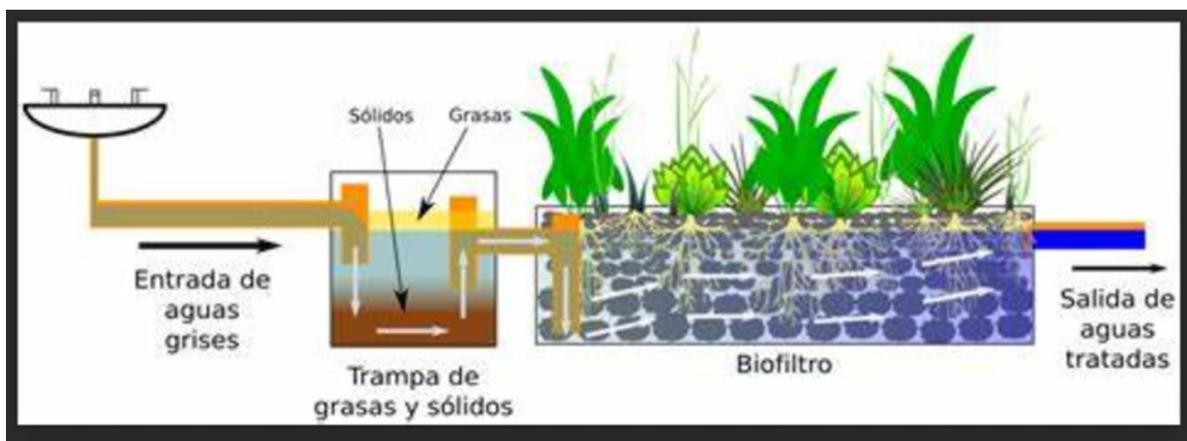
Las aguas residuales son aquellas aguas las cuales contienen una gran cantidad de sustancias (químicas, biológicas), que son nocivas o dañinas para el ser humano afectadas ya sea por acciones naturales o antrópicas, que se generan a partir de residuos líquidos domésticos, urbanos, agrícolas, pluviales o industriales, las cuales pueden contener grasas, detergentes, materia orgánica, residuos industriales, agro ganaderos, sustancias tóxicas, entre otros contaminantes (Morena 2003).

Las aguas residuales originadas por residuos domésticos conocen como aguas cloacales, servidas o fecales. Son llamadas como cloacales debido al transporte que ellas realizan mediante alcantarillas o cloacas y se llaman también residuales puesto que al haber sido empleado el recurso constituyen un residuo, algo que cumplido su funcionamiento ya el usuario directo no necesita y desecha.

5.2 Aguas Grises

Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden presentar contenidos de grasas, provenientes del lavado de utensilios de cocina, del uso de la ducha, la tina o el lavamanos o del lavado de ropa en el lavadero y la lavadora, estas aguas pueden ser reutilizadas directamente en el lavado del inodoro, para ahorrar agua. Las aguas grises se diferencian de las aguas negras porque no contienen bacterias fecales, como *Escherichia coli* (E-Coli) y son de vital importancia porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío ecológico (figura 3) (OPS 2003).

Figura 3. Ejemplo de un sistema de tratamiento de aguas grises de uso doméstico.



Fuente: Universidad de Piura (UDEP) Perú.

En el cuadro 1, se presentan datos típicos de los constituyentes encontrados en un agua residual doméstica.

Cuadro 1. Componentes encontrados en agua residual doméstica.

Componente	Intervalo de concentraciones		
	Alta	Media	Baja
Materia sólida, mg/l	1200	720	350
Disuelta total	850	500	250
Inorgánica	525	300	145
Orgánica	325	200	105
En suspensión	350	220	100
Inorgánica	75	55	20

Orgánica	275	265	80
Sólidos decantables, ml/l	20	10	5
-DBO _{5,20} a 20 °C, mg/l	400	220	110
Carbono orgánico total, mg/l	290	260	80
DQO, mg/l	1000	500	250
Nitrógeno mg/l, N total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco	50	25	12
Nitrito	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo mg/l, P total	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad mg/l, CaCO ₃	200	100	50
Grasa mg/l	150	100	50

Fuente: Universidad de Piura (UDEP) Perú.

5.3 Composición del agua gris

Según Morena (2003). Las aguas residuales domésticas se componen básicamente, en un 99.9% de agua, y un 0.1% por sólidos. Este 0.1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada dependiendo del tipo de re – uso que se quiera llevar a cabo. El agua sirve o actúa como medio de transporte de estos sólidos, los que pueden estar disueltos, en suspensión o flotando en la superficie del líquido. La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno DBO_{5,20}, la demanda química de oxígeno (DQO), y el pH (cuadro 2).

Por lo tanto, la composición general del agua doméstica residual es:

Cuadro 2. Composición general de las aguas residuales.

AGUA	SOLIDOS	GASES DISUELTOS	COMPONENTES DE ORIGEN BIOLÓGICO
99.90 %	0.01 % Suspendidos disueltos coloidales sedimentables	Oxígeno (O ₂) Bióxido de carbono (CO ₂) Ácido sulfhídrico (HS ₂) Nitrógeno (N ₂)	Bacterias Hongos Virus Algas Protozoos Rotíferos

Fuente: Universidad de Piura (UDEP) Perú.

5.4 Parámetros de clasificación del agua

Las principales variables utilizadas para clasificar la calidad de agua

Salinidad.

Parámetro que se mide mediante la conductividad eléctrica (CE) y que se reporta como dS/m. También se puede reportar como sólidos disueltos totales (TDS) y se reporta en mg/L. En la práctica para manejar aguas con elevadas concentraciones de sales, es necesario dar los riegos con mayor frecuencia y un ligero excedente (depende de la magnitud de la salinidad y del cultivo) que ayude a remover el exceso de sales. Un mal manejo de aguas con alta concentración de sales puede ocasionar baja disponibilidad de agua para los cultivos y por lo tanto disminución en el rendimiento (INTAGRI 2018).

Las condiciones específicas de cada sitio juegan un papel importante para predecir el riesgo que existe de salinizar un suelo al utilizar agua con altas concentraciones de sales, ya que condiciones de limitada precipitación o lluvias erráticas y escasas resultan más riesgosas que en aquellas donde la precipitación está por arriba de 600 mm.

En la actualidad con el riego por goteo y cultivos hidropónicos bajo invernadero es posible obtener rendimientos aceptables con aguas salinas, siempre y cuando sean manejados adecuadamente los bulbos de humedad. El cultivo para establecer influye mucho debido a que el uso o no de un tipo de agua sobre él dependerá de su tolerancia a las sales. También es importante considerar el método de

riego, pues el riego por aspersión con agua elevada en bicarbonatos y cloruros afecta más al cultivo que si estas mismas se aplicaran por goteo o gravedad (INTAGRI 2018).

Sodicidad.

Generalmente la sodicidad se expresa mediante la RAS (relación de adsorción de sodio). La RAS nos da idea del peligro potencial que significa un exceso de sodio sobre el calcio y magnesio. Sin embargo, la sodicidad puede expresarse también mediante la RAS ajustada, la cual toma en cuenta el contenido total de sales y la presencia de bicarbonatos, los cuales si no se eliminan pueden precipitar el calcio y esto coadyuva a que el problema del sodio se incremente. Tanto la RAS como la RAS ajustada se expresan en meq/L. La RAS ajustada es más precisa y recomendable al momento de clasificar el agua de riego en cuanto al riesgo de sodificación del suelo. La manera de resolver problemas por sodicidad es mediante la adición de calcio o formador de calcio, ya sea al suelo o al agua (Morena 2003).

Toxicidad por iones específicos.

Según Morena (2003). Un problema de toxicidad difiere de uno de salinidad debido a que su efecto ocurre dentro de la planta y no es consecuencia de un déficit hídrico. En este sentido, las plantas absorben los iones y los acumulan en sus tejidos; cuando esta acumulación excede ciertos niveles se presenta un daño y la magnitud dependerá de la concentración, el tiempo, la sensibilidad del cultivo y el uso del agua por parte de la planta. El daño puede ser ocasionado por un ion o por la combinación con otros. Los iones más comunes en el agua son cloruros, sodio y boro.

Sodio.

La OPS (2003) indica que además del daño estructural que causa en los suelos (defloculación) el sodio, indica que también puede causar toxicidad en el cultivo ya que compite con otros iones, como potasio, durante la absorción de nutrientes por las raíces y al acumularse en las hojas de algunos cultivos. Debe considerarse el cultivo a establecer al momento de interpretar este parámetro debido a que cada uno de ellos tiene un grado de tolerancia distinta al sodio. Asimismo, debe tomarse en cuenta el sistema de riego, pues en los sistemas por aspersión el sodio tiene un efecto tóxico directo sobre la hoja.

Cloro.

Presenta efectos tóxicos cuando se encuentra en altas concentraciones. Sin embargo, la susceptibilidad de los cultivos dependerá de la variedad o patrón (en el caso de frutales) que se utilice. Al igual que sodio, es importante el sistema de riego debido a que el efecto negativo que causa el cloro en el follaje es de manera directa cuando se emplea riego por aspersión que cuando se utiliza riego por goteo o gravedad. Incrementar los niveles de nitratos en el agua reduce la entrada de cloro a la planta (INTAGRI 2018).

Boro.

Es un elemento esencial, Lo que indica que en elevadas concentraciones resulta tóxico para las plantas. Los cultivos tienen distintos niveles de tolerancia a este elemento donde por ejemplo cultivos como aguacate o cebolla son más sensibles que el tomate o el esparrago (DEP S.f)

Carbonatos y bicarbonatos. Estos compuestos al encontrarse en altas concentraciones deben ser eliminados mediante la adición de ácidos (sulfúrico, nítrico o fosfórico) hasta llegar a un pH de 6.0. Una forma práctica para hacer una curva de titulación y determinar la cantidad de ácido a utilizar consiste en utilizar 100 L de agua y a esta adicionar de 1 a 3 ml de ácido y medir el pH, esto se repite hasta obtener el valor deseado, al final se suma la cantidad de ácido utilizado. En base a eso se calcula la cantidad de ácido a utilizar por metro cúbico de agua (INTAGRI 2018).

Nitratos.

Aguas con altos niveles de este anión indican que debe reprogramarse la fertilización nitrogenada, reduciendo las cantidades y procurando balancear los otros nutrimentos. También deben considerarse cultivos que no acumulen excesivamente este elemento en sus tejidos. De igual forma, es indicador de posibles problemas por taponamiento en tuberías por crecimiento de vegetación en ellos (IAGUA 2020).

5.5 Características químicas

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_{5,20})

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO_{5,20}) Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. La medida

de la ($DBO_{5,20}$) es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse se mide utilizando un agente químico fuertemente oxidante; este ensayo se realiza a una temperatura elevada para facilitar la oxidación de los compuestos orgánicos que necesitan un catalizador. Los valores de la DQO han de estar en relación con los de la $DBO_{5,20}$; si la DQO es mucho mayor que la $DBO_{5,20}$ una parte importante de la materia orgánica presente en el agua no será fácilmente biodegradable. Para las aguas domésticas, la DQO es del orden 10 de 250 a 1000 mg de O_2 por litro, y la relación $DBO_{5,20}/DQO$ oscila entre 0.4 y 0.8. Las aguas estabilizadas biológicamente tienen una relación $DBO_{5,20}/DQO=0.12$ (Domínguez *et al.* 2009).

Materia inorgánica

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad del agua. Las concentraciones de los distintos constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua; conviene utilizar la naturaleza de algunos, especialmente de las añadidas al agua superficial por el ciclo de su utilización.

Otros parámetros de importancia tomados en campo son:

pH: Es un parámetro que indica la concentración de protones (iones H^+) formados en una disolución acuosa.

Cloruros: Estos pueden estar presentes debido al contacto de las aguas con suelos y rocas que los contengan, heces humanas, debido a ablandadores, aguas domésticas, aguas industriales.

Alcalinidad: La alcalinidad del agua se define como su capacidad para neutralizar ácidos y es debida a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, esta ayuda a regular los cambios de pH causados por la adición de ácidos, normalmente el agua residual es alcalina, propiedad adquirida de las aguas de abastecimiento aguas subterráneas y los materiales adicionales durante los usos domésticos.

Nitrógeno y fósforo: Son nutrientes y bioestimulantes esenciales para el crecimiento biológico. En el agua residual, el nitrógeno en forma de amoníaco sirve para determinar la edad de esta.

Azufre: Generalmente se presenta como H₂S el cual es el resultado de la actividad de degradación anaeróbica de la materia orgánica, y que generalmente es uno de los causantes de la generación de malos olores en el agua residual.

Compuestos tóxicos: Son generalmente ciertos cationes de cobre, plomo, plata, cromo, arsénico, boro, potasio, amoníaco, cianuros, cromatos y fluoruro.

Metales pesados: Entre éstos se encuentran níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, cinc, cobre, hierro y mercurio (en forma de trazas). Es conveniente en una planta depuradora medir y controlar las concentraciones de metales pesados, puesto que algunos en cantidades moderadas son benéficos para ciertos organismos que podrían resultar de interés en un determinado tratamiento (Domínguez *et al.* 2009).

Gases disueltos Pueden ser: nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃), metano (CH₄), cloro (Cl₂) y ozono (O₃) (Gómez Domínguez, RE *et al.* 2009).

5.6 Características biológicas

Según Morena (2003). Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los principales grupos de organismos presentes en las aguas residuales están conformados por bacterias, hongos, algas, protozoos, plantas y animales, y virus. Atendiendo a su estructura celular estos microorganismos pueden clasificarse en:

- Protistas inferiores o Procariotas
- Protistas superiores o Eucarióticas

Los organismos aerobios solo pueden existir en presencia de oxígeno molecular. Los organismos anaerobios existen solamente en un ambiente privado de oxígeno. Los organismos facultativos tienen la capacidad de sobrevivir con o sin oxígeno libre.

5.7 Tratamiento de aguas grises

El tratamiento de aguas residuales grises y su reúso en el mundo

Según Escalante *et al* (2002) El tratamiento y el reúso tienen un papel fundamental en la administración y manejo del agua en todos los países, especialmente en aquellos que presentan problemas de escasez, o bien en los que ésta ha sido contaminada. En los países industrializados se han desarrollado muchos proyectos e investigaciones para el reúso, obteniendo además del reúso del agua para cubrir demandas, los beneficios adicionales de protección del ambiente y prevención de riesgos a la salud. En los países en desarrollo también es necesario cubrir estos aspectos, solo que se requiere utilizar tecnologías de menor costo. La evolución del tratamiento y reúso data de tiempos ancestrales y se puede clasificar en tres grandes épocas.

Sistemas ancestrales de conducción del agua y desalojo de las aguas residuales (3000 A.C. a 1850)

Los vestigios de estos sistemas se pueden encontrar en la Civilización Minoan, en la Antigua Roma, en las antiguas granjas en Alemania e Inglaterra. Otra muestra es el uso de alcantarillado para el desalojo de los desechos en Londres, Boston y París. (Escalante *et al* 2002).

El despertar del saneamiento (1850 - 1950)

Estos acontecimientos importantes en esta época son el control de la epidemia del cólera en Londres por John Snow en 1850; el desarrollo de la teoría de la prevención de la tifoidea por Budd en Inglaterra; el avance de la microbiología con Koch en Alemania y con Pasteur en Francia; el uso del cloro como desinfectante y el conocimiento de la cinética de la desinfección (Chick) y el uso de los procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales en el año de 1904 por Ardern y Lockett en Inglaterra (Escalante *et al* 2002).

La era del reúso y reciclamiento de las aguas residuales (A partir de 1950)

El reúso planeado de las aguas residuales en Estados Unidos empezó a principios de los años 20 en la agricultura en los estados de Arizona y California. En Colorado y Florida se desarrollaron sistemas para el reúso urbano. La normatividad para el reúso también inició en California en la misma época. A partir de 1965, esta normatividad impulsa de manera decisiva el reciclamiento y el reúso de las

aguas residuales. Se puede decir que en la actualidad de manera general ya son muchos los países en donde se practican diferentes tipos de reúso y que existen muchos estudios que justifican y apoyan esta práctica. Ejemplos son los realizados en Israel, España en la región de Cataluña, en Japón con los sistemas descentralizados, en Australia y en otros países, (Moeller *et al* 2002).

Tratamiento de aguas residuales grises

El beneficio del tratamiento del agua residual gris de lavado es, poder producir en gran medida agua efluente del tratado o agua limpia que sea reutilizable y que esté convenientemente disponible para el reúso. A este tipo de tratamiento también se le conoce como depuración de las aguas residuales, este nombre lo distingue del agua potable. Todo esto para alcanzar unos niveles acordes con la normativa vigente y proporcionar una correcta integración de esta agua residual con el entorno, y obtener los mejores rendimientos posibles. Uno de los aspectos a considerar a la hora de realizar un vertido es que no se supere el poder de autodepuración del medio receptor para evitar efectos indeseables que dan lugar a una peor calidad (DEP S.f)

Tratamiento preliminar

El tratamiento preliminar o pretratamiento, es un proceso que se sitúa en cabecera y tiene como objetivo eliminar, de las aguas residuales, todos aquellos elementos de tamaño considerable que por su acción mecánica pueden afectar al funcionamiento del sistema depurador, así como las arenas y elementos minerales que puedan originar sedimentación a lo largo de las conducciones (DEP S.f)

Los pretratamientos para aguas residuales domésticas más frecuentes son:

- Separación de grandes sólidos (pozo de gruesos)
- Desbaste (rejas).
- Tamizado
- Dilaceración
- Desarenado

Separación de grandes sólidos (pozo de gruesos)

Cuando se prevé la existencia de sólidos de gran tamaño o de una gran cantidad de arenas en el agua bruta, se debe incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos, este consiste en un pozo situado a la entrada del colector de la depuradora, de tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas, con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona específica donde se puedan extraer de una forma eficaz.

Desbaste.

El desbaste mediante rejas es una operación sencilla pero llamativa, ya que, en ella, se retienen los sólidos de gran tamaño. Estos sólidos son una verdadera muestra de la actividad que se ha realizado en la población unas horas antes pues, en su mayoría, proceden de los restos que se arrojan por los inodoros y los lavaderos. Así, encontramos desde restos de comida hasta pelos, plásticos, trozos de cristales, etc. En el canal de entrada del agua a una planta de tratamiento es habitual encontrar una reja, constituida por barras paralelas que forman un ángulo de 30° a 80° respecto a la superficie del agua, aunque también las hay horizontales y verticales (UDEP S.f).

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.

Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm. En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

Reja de gruesos: entre 12-25 mm.

Reja de finos: entre 6-12 mm. También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas igual para finos que para gruesos.

Tamizado: Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores.

Según las dimensiones de los orificios de paso del tamiz, se distingue entre:

Macro tamizado: Se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,2mm. Se utilizan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas, de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.

Micro tamizado: Hecho sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Se usa para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en el agua de abastecimiento (Plancton) o en aguas residuales pre tratadas.

Los tamices se incluirán en el pretratamiento de una estación depuradora en casos especiales:

- Cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos.
- Cuando existen vertidos industriales importantes provenientes principalmente del sector alimentario (residuos vegetales, de matadero, semillas, cáscaras de huevo).
- Los tamices suelen ir precedidos por un desbaste de paso entre barrotes de 10-50mm. Según el paso de malla del tamiz.

Tratamiento primario

El principal objetivo del tratamiento primario es remover aquellos contaminantes que pueden sedimentarse, como los sólidos sedimentables y algunos sólidos suspendidos, o aquellos que pueden flotar como las grasas.

Sedimentación Primaria (trampa de grasa)

La mayor parte de las sustancias en suspensión y disolución en las aguas residuales no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas y desarenadores. Por ello se recurre a la sedimentación (también llamada decantación) que es la separación de un sólido del seno de un líquido por efecto de la gravedad. La decantación se produce reduciendo la velocidad de circulación de las aguas residuales, con lo que el régimen de circulación se vuelve, cada vez, menos turbulento y las partículas en suspensión se van depositando en el fondo del sedimentador.

Se realiza en tanques rectangulares o cilíndricos donde se remueve aproximadamente el 65% de los sólidos suspendidos y el 35% de la $DBO_{5,20}$ presente en las aguas residuales. Los lodos producidos están conformados por partículas orgánicas. Los lodos de un sedimentador primario son diferentes a

los lodos de un desarenador los cuales son de tipo inorgánico. Las grasas y espumas que se forman sobre la superficie del sedimentador primario son removidas por medio de rastrillos que ejecutan un barrido superficial continuo. Los lodos que son sedimentados en un sedimentador primario se llaman lodos primarios, los cuales se recogen del fondo con rastrillos para luego ser sometidos a una digestión (UDEP S.f).

El flujo horizontal predomina en los sedimentadores horizontales, a diferencia del flujo radial que ocurre en sedimentadores circulares. En los sedimentadores rectangulares (figura 5).

La distribución del caudal es crítica, por lo que se requiere emplear alguno de los siguientes diseños:

- Canales que ocupan la totalidad del ancho del sedimentador
- Canales de entrada con orificios sumergidos
- Canales de entrada con compuertas grandes y deflectores

Los deflectores se utilizan para reducir las altas velocidades de ingreso y para distribuir el flujo a lo largo de la mayor sección transversal posible (Burelo 2004).



Fuente: Universidad de Piura (UDEP) Perú.

Figura 5: Tratamiento primario y su respectivo tanque de sedimentación rectangular.

5.8 Trampa de grasa

Aplicación

El empleo de trampa de grasa es de carácter obligatorio para el acondicionamiento de las descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde exista el peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, así como de las descargas de lavanderías de ropa (Boruelo 2004).

¿Cómo funcionan estas trampas de grasas?

Las trampas de grasas retardan el flujo del agua procedente de los desagües, con lo que las grasas y el agua tienen tiempo para separarse. Al separarse las grasas flotan en la superficie mientras que otros sólidos más pesados se depositan en el fondo de la trampa. El resto del agua pasa libremente por el alcantarillado de la ciudad (Boruelo 2004).

Requisitos previos

- a) Los desechos de los desmenuzadores de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa.
- b) Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.
- c) Las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
- d) Las trampas de grasa deberán ubicarse en lugares cercanos en donde se preparan alimentos.
- e) La capacidad mínima de la trampa de grasa debe ser de 300 litros.
- f) En el caso de grandes instalaciones como hospitales o restaurantes que atiendan a más de 50 personas, deberán considerar la instalación de dos trampas de grasa.
- g) No es obligatorio diseñar trampa de grasa para viviendas unifamiliares.

- h) Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.
- i) Las trampas de grasa se ubicarán en sitios donde puedan ser inspeccionadas y con fácil acceso para limpiarlas. No se permitirá colocar encima o inmediato a ello maquinarias o equipo que pudiera impedir su adecuado mantenimiento.

¿Cómo realizar el mantenimiento de la trampa de grasas?

Para llevar a cabo el mantenimiento se hace necesario que el usuario que lo ejecuta tenga en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad y medio ambiente:

- a) El usuario deberá tener como mínimo guantes, botas y mascarillas.
- b) No usar detergentes ni lejías. Pasos para el mantenimiento: Previa inspección del nivel de natas o grasas en la superficie de la trampa siendo esta mayor a 3 cm iniciar con el mantenimiento.
- c) Destapar y extraer los flotantes que son las natas de grasas y aceites, usar un colador con orificios que le permita retirarlos. Si hay suficiente cantidad retirar los lodos del fondo dejando un residuo aproximado al 20% del total.
- d) Remover grasas, aceites y sólidos del fondo de la trampa usando espátulas, palas o herramientas que le permitan realizar esta labor.
- e) Recoger y transportar las natas y lodos, preferibles en canecas, retirándole toda el agua posible. Evitar cualquier derrame.
- f) Las grasas se deben vaciar en fundas completamente serradas y listas para depositarlas en la basura.
- g) Para aceites y derivados del petróleo, recoger y transportar los lodos y natas en contenedores herméticos resistentes al impacto. Luego deben almacenarse para ser desalojados.
- h) Los aceites de las lubricadoras deberán almacenarse en contenedores para luego ser comercializadas (DEP S.f).

5.9 Tratamiento en agua, humedales

Los humedales o wetlands (Figura 7) son áreas de tierra inundada que se conocen como pantanos, con poca profundidad para que la vegetación pueda llegar a la parte inferior y sostenerse del suelo firme. Las plantas de estos sitios proveen a la superficie de una película de bacterias, ayuda en la filtración y absorción de componentes, transfiere oxígeno y controla el crecimiento de algas al evitar la penetración de la luz solar (Burelo 2004).

Los humedales crecen y se desarrollan diferentes tipos de vegetales, animales y microorganismos adaptados a estas condiciones de inundaciones temporales y/o permanentes (figura 6). En este tipo de ecosistema se desarrollan también determinados procesos físicos y químicos capaces de depurar el agua ya que eliminan grandes cantidades de materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo e incluso productos tóxicos.

Básicamente, los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales (IAGUA 2020).

Principalmente están compuestos por:

1. Un sustrato o material granular: sirve de soporte a la vegetación y permite la fijación de la biopelícula bacteriana que interviene en la mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes presentes en las aguas a tratar.
2. La vegetación: principalmente compuesta por macrófitos emergentes que contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizosfera, a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la biopelícula bacteriana.
3. El agua para tratar o influente: circula a través del sustrato y la vegetación.

Los mecanismos por los que este tipo de sistemas son capaces de depurar las aguas residuales se basan en los siguientes principios:

- a) Eliminación de sólidos en suspensión gracias a fenómenos de filtración que tienen lugar entre el sustrato y las raíces.

- b) Eliminación de materia orgánica gracias a la acción de los microorganismos (principalmente bacterias). Los microorganismos que se desarrollan pueden ser aerobios (con O₂) o anaerobios (sin O₂).
- c) Eliminación de nitrógeno bien por acción directa de las plantas, bien por procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por los microorganismos antes mencionados.
- d) Eliminación de fósforo principalmente debido a los fenómenos de adsorción sobre los componentes del sustrato.
- e) Eliminación de patógenos mediante la adsorción sobre partículas del sustrato, la toxicidad producida por las raíces de las plantas y la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

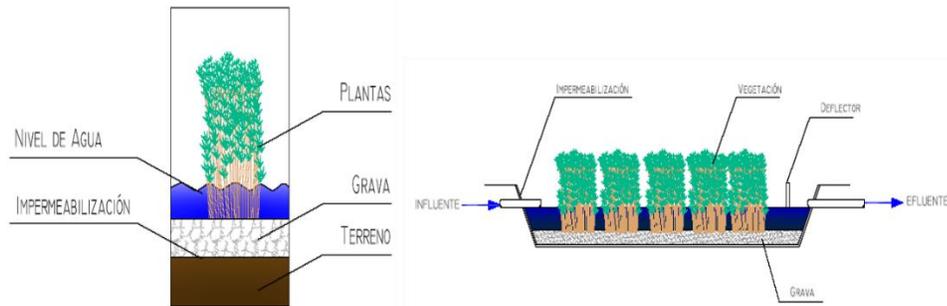


Figura 6: Humedal artificial o tipo biojardinera.

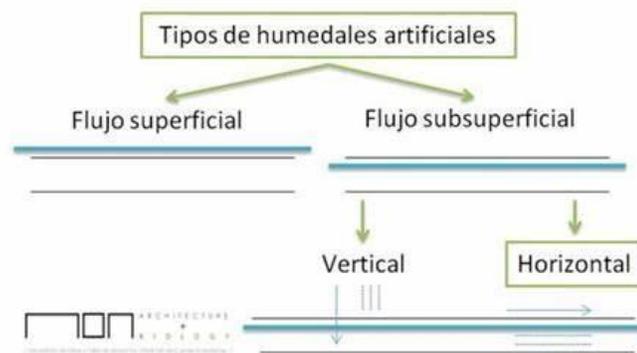


Figura 7: Clasificación de humedales artificiales

Se han desarrollado dos tipos de sistemas de pantanos naturales para el tratamiento de las aguas residuales: los sistemas de superficie libre o superficial y sistemas de flujo superficial, los cuales está

comprendido por el sistema de flujo subsuperficial vertical y sistema de flujo subsuperficial horizontal (Burelo 2004).

Los sistemas de superficie libre o superficial se aplican como tratamiento secundario o en niveles avanzados que complementan la purificación del agua, consiste en depósitos o canales de una profundidad apropiada para el desarrollo de plantas y un fondo un tanto impermeable. El agua circula por encima del sustrato continuamente. Se favorecen las condiciones aerobias al estar el agua directamente expuesta a la atmósfera. Se emplean para tratar efluentes procedentes de tratamientos secundarios y para crear y restaurar ecosistemas acuáticos (Burelo 2004).

Los sistemas de flujo subsuperficial son conocidos como bio-filtros horizontales, consiste en un filtro de grava o arena, sembrado con plantas de humedad y atravesado de forma horizontal con aguas residuales tratadas previamente. La grava y arena al igual que en los percoladores, desarrolla una película micro bacteriana que degrada las sustancias contaminantes, pero para ello, necesita de oxígeno, que en esta agua escasea (Morena 2003).

En la mayoría de los casos se usan para el tratamiento de aguas residuales generadas en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. En función del sentido del flujo, pueden ser horizontales o verticales (Burelo 2004).

5.9.1 Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical

El agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente. Se suelen incluir chimeneas de aireación para favorecer las condiciones aerobias. Se suelen desarrollar procesos de nitrificación, entre otros.

5.9.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

El agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. Se favorecen las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato. Se suelen desarrollar procesos de des nitrificación, entre otros.

La elección de instalar un tipo de humedal frente a otro radica en la composición de las aguas residuales. En muchas ocasiones se utiliza una combinación de diferentes tipos de humedales. Por ejemplo, si queremos eliminar nitrógeno lo más conveniente sería hacer pasar el agua residual primero

por un humedal de flujo subsuperficial vertical (nitrificación) y después por un humedal de flujo subsuperficial horizontal (desnitrificación) (IAGUA 2020).

El hecho de que las aguas a tratar no sean visibles o subsuperficial, tiene las siguientes ventajas:

- Menor incidencia de malos olores.
- Bajo riesgo de exposición directa de las personas y de aparición de insectos (mosquitos).

Esta tecnología actúa como un complejo ecosistema en el que participan los siguientes elementos:

- El material granular, que tiene como objetivo servir de soporte a la vegetación y permitir la fijación de la población microbiana (en forma de capa biológica), que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes presentes en las aguas a tratar.
- Las plantas emergentes acuáticas contribuyen a la oxigenación del material granular y a la eliminación de nutrientes. Asimismo, la vegetación permite la integración paisajística de estos dispositivos de tratamiento, cuya producción es necesaria controlar y estar podando y retirando las plantas con sobre crecimiento para evitar su exceso y muerte dentro del humedal (IAGUA 2020).

5.9.3 La aplicación de los humedales flujo subsuperficial vertical y horizontal

Se recomienda el uso del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario que no contengan excretas (aguas grises), en aquellas situaciones en que el terreno es impermeable (coeficiente de permeabilidad $< 10^{-5}$ cm/s) y donde no es factible aplicar un sistema de absorción o cuando el terreno por su excesiva permeabilidad y nivel freático alto menor a un metro y no hace posible la implantación de un sistema de absorción (IAGUA 2020).

Se pueden utilizar como tratamiento terciario para aguas residuales de tipo ordinario con contenido de excretas y cuyos efluentes han sido sometidos a tratamientos secundarios completos, como el caso del uso del sistema de tanque séptico, seguido por un FAFA y luego el paso al humedal. En estas situaciones sí se hace necesario el empleo de geomembranas de polietileno de alta densidad para lograr el aislamiento del humedal (IAGUA 2020).

Las aguas residuales de tipo ordinario con contenido de excretas podrán ser vertidas en forma superficial no afectando terrenos vecinos) o a un cuerpo receptor en cumplimiento de los parámetros del reglamento especial de aguas residuales, para ello será necesario haber sido sometidas a desinfección por cloración con un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.

Los usuarios podrán reusar las aguas residuales de tipo ordinario sin excretas (aguas grises), que han sido tratadas en un humedal para el riego de patios o jardines, cuyo efluente no es requerido sea sometido a la desinfección (IAGUA 2020).

5.10 Legislación a cumplir para aguas residuales en el salvador

Para los efectos del Reglamento Técnico Salvadoreño será aplicable el siguiente concepto:

Agua residual de tipo ordinario: “agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares” (RTS 2018).

Para la determinación de los parámetros de la calidad del agua residual a determinar, se tomará de base el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) en su versión

RTS 13.05.01:18 denominado: AGUA. AGUAS RESIDUALES. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES PARA DESCARGA Y MANEJO DE LODOS RESIDUALES (Anexo 2).

Haciendo uso del Decreto n° 50 (Anexo 3) del REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION, TITULO IV: NORMAS SOBRE DEPURACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS, en el Art. 38 establece que:

“para la determinación del tratamiento a que se deber someter un vertido, se fijaran las condiciones particulares para cada descarga. Estas condiciones se fundamentarán en los niveles de calidad que se establecerán en la forma prevista en el Art. 6 de este Reglamento. Y del decreto 39 (Anexo 4) del Reglamento Especial de Aguas Residuales, el cual establece en su CAPITULO V denominado “REUSO DE AGUAS RESIDUALES”, artículo 23 del apartado “Clasificación de reusó de aguas residuales”, establece que: son aguas TIPO 2 las aguas con Reusó para Riego con Acceso Restringido: Silvicultura, y otras áreas donde el acceso del público es prohibido, restringido o poco frecuente” (RTS 2018).

5.11 Decreto 50 sobre agua para riego

El decreto 50 correspondiente a REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION contiene las directrices a cumplir en cuando a tratamiento y vertido de aguas residuales, para ellos entendemos que se fundamente en lo siguiente:

Disposiciones Fundamentales Art. 1. -El presente Reglamento tiene por objeto desarrollar los principios contenidos en la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos ya las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

Art. 43.-Si se comprobare que la depuración a que se ha sometido determinado vertido no satisface niveles de calidad que se pretenden lograr, la Autoridad Competente podrá ordenar al usuario autorizado, a ejecutar el tratamiento complementario que sea necesario para el alcance de los niveles fijados. En tal caso, la Autoridad Competente fijar las condiciones al usuario quien deber cumplirlas en el plazo señalado, bajo pena que se le revoque la autorización.

5.12 Límites permisibles de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a medio receptor

Las aguas residuales de tipo ordinario, previo a ser vertidas al medio receptor, deben cumplir con las disposiciones de la Ley de Medio Ambiente y sus Reglamentos, además debe cumplir los límites permisibles establecidos (cuadro 1). Del Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 15.05.01:18) (RTS 2018).

Cuadro 3: Límites permisibles de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor.

Parámetro	Unidad	Límite permisible
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	60
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	60
Sólidos sedimentales (SS)	mg/L	1
Aceites y grasas	mg/L	20
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidades de pH	6.0 - 9.0

Coliformes fecales	NMP/100 ml	Reportar
Caudal (Q)	M ³ / día	Reportar
Sustancias activas de azul de metileno (SAAM)	mg/L	Reportar

Fuente: Universidad de Piura (UDEP) Perú.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Metodología de oficina

Reunión con el equipo asesor.

El proyecto se realizó utilizando en un inicio el Método Científico aplicado a una tesina para optar al grado de ingeniero Agroindustrial. Primero existió una reunión de trabajo con el equipo asesor quien oriento de manera adecuada hacia la visión correcta de la investigación, luego se identifican las principales causas de la problemática de acuerdo al lugar donde se llevaría a cabo la investigación.

Reunión con los representantes del lugar.

Posteriormente se realiza la estructuración del trabajo llevándose a cabo la reunión con las personas del lugar designado en Guacotecti, se platicó de primero mano sobre las interrogantes a resolver y sobre la importancia de la investigación., iniciando con la definición del título de las investigación, luego los objetivos, prosiguiendo con la recolección de información, para poder llegar a la idea clara del tratamiento y reúso de las aguas grises en Guacotecti, el cual servirá como una herramienta útil para pequeños productores del país que deseen ser eficientes en el uso del agua y mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante el tratamiento del agua de valor incalculable, basándose en prácticas agroecológicas que conserven el medio ambiente y los recursos naturales y además les permitan generar ingresos para poder mejorar su nivel de vida.

Preparación de instrumentos y de cuadros y formatos a utilizar

Habiéndose determinado lo anterior, se tuvo a bien verificar los instrumentos que iban a permitir llevar a cabo las tomas de muestras, la reelección de la información en los lugares a visitar, y los formatos de presentación de la información en cuanto a los resultados obtenidos.

6.2 Descripción del lugar de estudio.

Guacotecti

Se divide en 3 cantones: Agua Zarca, El Bañadero y El Tempisque, los cuales a su vez se dividen en un total de 12 caseríos. El casco urbano está organizado en 5 colonias y 1 barrio. (ADES 2021)

Clima, Altitud

El Clima es cálido. Temperatura del aire, medio anuales < 24 °C. Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente. Elevación 650 msnm. Superficie Total: La extensión territorial de Guacotecti es de 21.01 kms². (20.92 kms² de área rural y 0.09 kms² de área urbana). Posee un total de 6,663 habitantes, datos recabados de las proyecciones de población 2014 (ADES 2021)

La Asociación de Desarrollo Económico Social (ADES)

Uno de los dos lugares que se visitó para la realización de esta tesina fue La Asociación de Desarrollo Económico Social ADES es una organización social, creada el 7 de marzo de 1993 en la comunidad Santa Marta jurisdicción de Victoria Depto. de Cabañas. Desde su fundación ha impulsado el desarrollo comunitario y la reivindicación de derechos, su principal área de actuación es el Depto. de Cabañas, sin embargo, en la actualidad realiza acompañamiento a varias organizaciones de base en distintos departamentos del país (ADES 2021)

Comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti

El otro lugar que se visitó corresponde a la la comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti, en donde se observó las tecnologías empleadas para el tratamiento de aguas grises de lavado, proyecto que impulsa ADES como organización para promover el desarrollo sustentable de las diferentes comunidades (Figura 8).

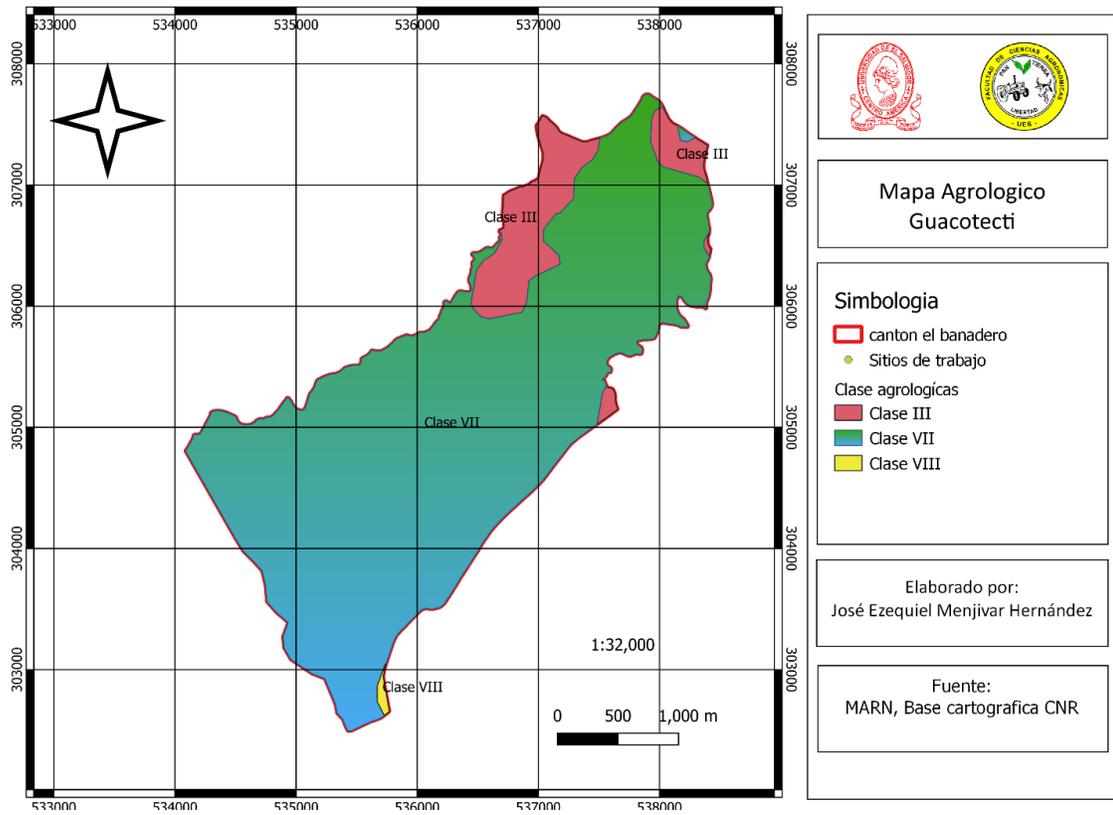


Figura 8. Mapa de ubicación de Guacotecti, punto de estudio.

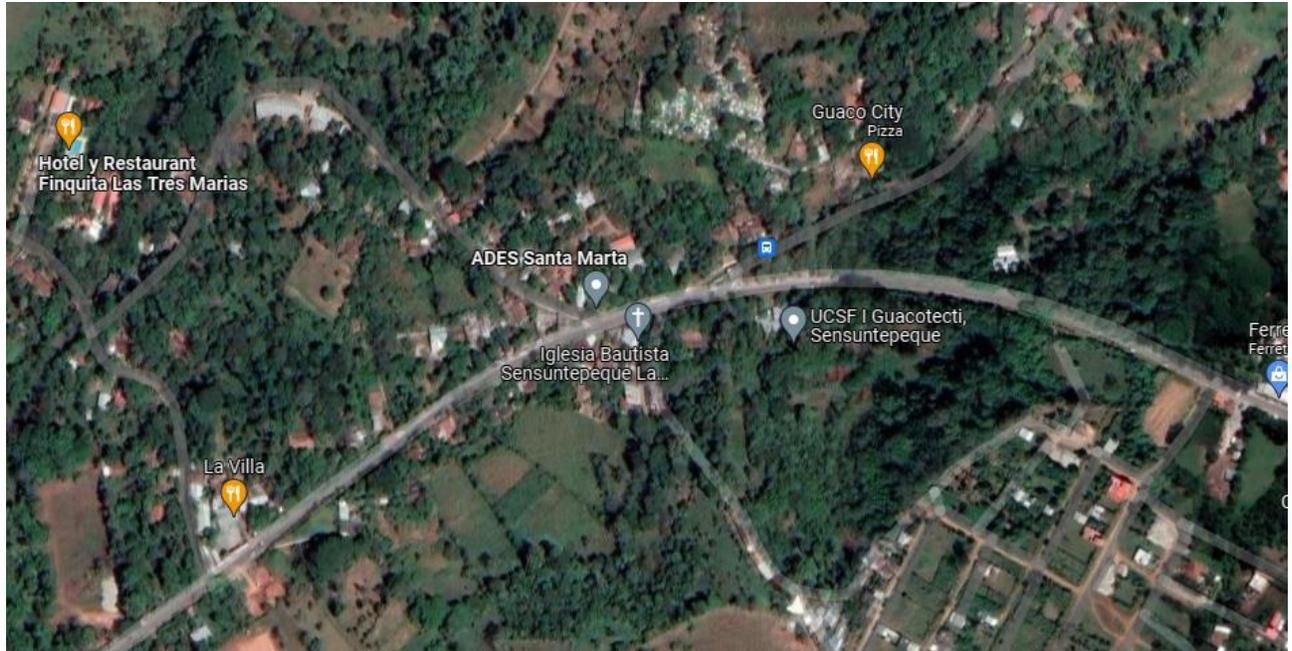


Figura 9: Vista Satelital de Santa Marta

6.3 Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.

Las búsquedas de información, mediante la investigación lleva la necesidad de hacer uso de tecnologías, herramientas y demás materiales necesarios para completar las acciones requeridas y obtener resultados favorables que nos permitan analizar de manera lógica y crítica la información, es por eso que fue necesario el uso del equipo siguiente:

✓ Sonda multiparamétrica

La sonda multiparamétrica (figura A6) es un sistema de medición y control en continuo para monitorizar la calidad del agua y la carga contaminante de un vertido que permita optimizar un proceso de depuración o circuito de agua.

✓ Cámara fotográfica

La cámara fotográfica fue necesaria durante la investigación para realizar las tomas de las muestras, y de las tecnologías mismas, fue de gran utilidad y permitió justificar los trabajos realizados.

✓ Cinta Métrica

Esta herramienta fue de gran utilidad, pues nos permitió caracterizar las tecnologías tomando medidas de las mismas, determinando así unidades empleadas en los diferentes materiales de construcción.

✓ Depósitos de muestras

Estos depósitos permitieron que se pudiesen extraer las muestras correspondientes para ser analizadas y así obtener los resultados deseados por la investigación.

✓ Computadora

Un equipo sin duda fundamental en la investigación, pues mediante el, se procesaba y transcribía la información para ser plasmada en la tesina.

✓ Cuadernos y papelería.

Los diferentes cuadernos, así como la papelería necesaria para recolectar la información fue de vital ayuda en esta investigación.

6.4 Tipo de investigación

La investigación según su alcance es de tipo exploratoria descriptiva debido a que investigo y analizo el tratamiento y reúso de aguas grises en el municipio de Guacotecti, un tema importante para un sistema agroecológico sostenible pero que se debe indagar para enriquecer de conocimiento, servirá como base para la elaboración de la presente tesina. Según la fuente de datos es de tipo documental, pues la información se busca en libros, artículos y revistas científicas, planes de manejo de instituciones, tesis o cualquier documento que sirva para recopilar la información y datos requeridos.

6.5 Metodología de campo.

Caracterización de las estructuras

Al conocerse los lugares donde se realizó la investigación y se procedió a caracterizar las estructuras de las tecnologías empleadas en los lugares de observación para el tratamiento de aguas grises den su mayoría de lavado tomando las medidas de las estructuras para lograr dimensionar la capacidad de las mismas visualmente hablando, para ello fue necesario determinar que las tecnologías utilizadas son humedales artificiales o llamados también “biojardinera agroecológicas”.

Análisis de la información

Habiéndose obtenido los resultados de las muestras y habiéndose posteriormente analizado en base a la legislación del decreto N° 50 que es el Reglamento Sobre La Calidad Del Agua, El Control De Vertidos Y Las Zonas De Protección y RTS 13.05.01:18 denominado: Agua. Aguas Residuales. Parámetros De Calidad De Aguas Residuales Para Descarga Y Manejo De Lodos Residuales se pudieron emitir los análisis referidos a los resultados de las aguas muestreadas. Para ello fue necesario comparar esos resultados obtenidos en el campo contra lo que el decreto 50 nos indica para aguas vertidas y sus calidades.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 La Asociación de Desarrollo Económico Social (ADES)

La Asociación de Desarrollo Económico Social ADES es una organización social, creada el 7 de marzo de 1993 en la comunidad Santa Marta jurisdicción de Victoria Depto. de Cabañas. Desde su fundación ha impulsado el desarrollo comunitario y la reivindicación de derechos, su principal área de actuación es el Depto. de Cabañas, sin embargo, en la actualidad realiza acompañamiento a varias organizaciones de base en distintos departamentos del país. Básicamente

este lugar es un edificio administrativo, habitacional y de prácticas tanto culturas como de ciencia y tecnología, enfocado únicamente en el desarrollo socioeconómico y agrícola de todo Guacotecti, es debido a ello que se generan aguas grises de lavado por ejemplo en sus servicios sanitarios, en la cocina de ADES, siendo estos dos lugares los que poseen una biojardinera para tratar el agua producida o utilizada en las actividades antes mencionada.

7.2 Comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti

La comunidad rural de la colonia San Marcos, municipio de Guacotecti, en donde se observó las tecnologías empleadas para el tratamiento de aguas grises de lavado, proyecto que impulsa ADES como organización para promover el desarrollo sustentable de las diferentes comunidades. Y es gracias a esto que se logró llevar mediante un proyecto la implementación de la tecnología biojardinera empleada en ADES en esta comunidad, con el objetivo de implementar estas biojardinera en las diferentes casas de las familias rurales que ahí habitan, el objetivo llevar una herramienta que permita optimizar el uso del recurso hídrico, y que este pueda ser reutilizado en el riego para las plantas o huertos caseros.

Medidas

Cuadro 4. Materiales utilizados en los sistemas de tratamiento en ADES.

Material	Unidad	Medida
Tubos de PVC	10 metros	2 pulgadas
Barriles de plástico	200 litros	98.0 x 60.0 x 60.0 cm
Trampa de grasa	25 litros	54 x 66 cm
Biojardinera	Peso en grava y tierra.	3.00 x 1.80 metros



Figura 10: Estructura observada para el tratamiento de aguas grises. 2021.

7.3 Muestreo de aguas grises

Habiéndose determinado las medidas de la biojardinera, se procedió a realizar el muestreo de las diferentes pilas que compensen el sistema, obteniéndose una muestra por cada pila existente habiéndose un total de 3 pilas en el sistema como se muestra en la (figura 11)

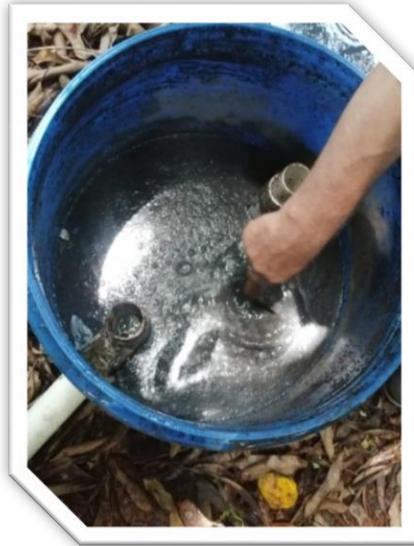


Figura 11: Muestreo de aguas grises en trampa de grasa, ADES. 2021

7.4 Análisis de las diferentes muestras

Al obtener las muestras en los lugares donde se visto se procedió finalmente a procesarlas haciendo uso correcto de la sonda multiparamétrica que nos permitió obtener resultados en campo, de las diferentes muestras observadas (figura 12 y 13)



Figura 12: Análisis de las muestras en ADES. 2021



Figura 13: Análisis de las muestras en Santa Marta. 2021.

7.5 Observación general de los diferentes lugares

Luego de haberse analizado cada una de todas las muestras obtenidos en los diferentes lugares que se visitó, se observó un panorama general de todos los lugares y puntos de muestreo, su fauna, su flora, la calidad de vida de las personas, así como el conocimiento de que estas tienen sobre la tecnología utilizada y sobre cómo darle su respectivo mantenimiento, se puede observar en las figuras 14 y 15.



Figura 13: Observación general de los lugares visitados



Figura 14: Observación general de los lugares visitados

Los humedales artificiales encontrados en las diferentes zonas donde se visitó para conocer sobre las tecnologías y caracterizar estas últimas, son también conocidas como biojardinería, tecnología empleada para sustentar el medio ambiente reutilizando el vital líquido usado tratándolo de manera que el agua gris proveniente de los hogares, cafetines o servicios sanitarios se predisponga para ser utilizada en riego para pequeños huertos familiares o en algunos casos como se pudo observar, para vertido directo al medio pero sin repercutir de manera negativa en el medio ambiente (figura 15 y 16).

Lo encontrado en Guacotecti y en Santa Marta fueron estructuras básicas, fáciles de reproducir en comunidades rurales (figura 17 y 18), en hogares urbanos y también hasta en la ciudad hablando de los suburbios o en cualquier lugar donde se disponga de su uso, es importante destacar que el mantenimiento debe ser constante, para que el funcionamiento y la durabilidad así como los resultados en las calidades de las aguas tratadas sea aceptable cumpliendo con estándares nacionales e internacionales.

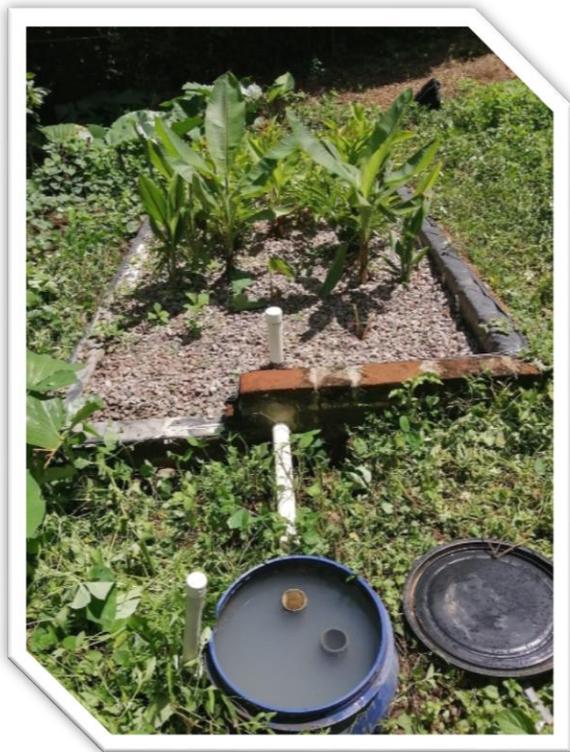


Figura 15: Biojardinera utilizada en Santa Marta, comunidad rural

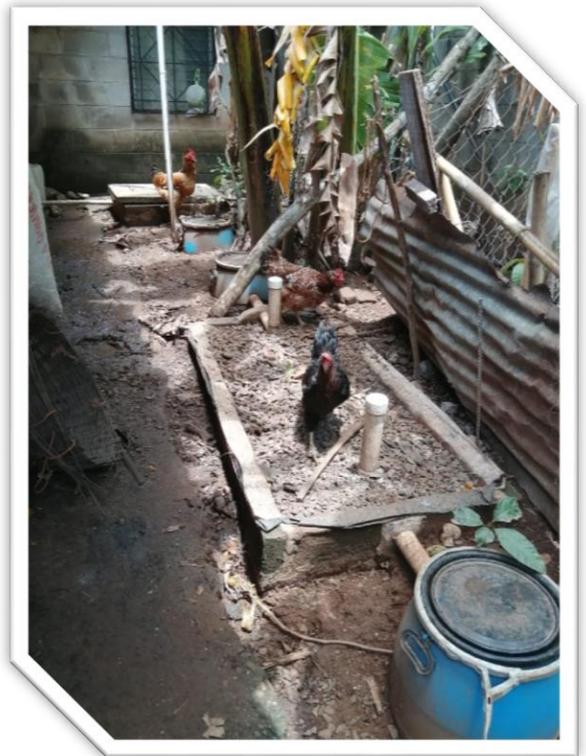


Figura 16: Biojardinera utilizada en Santa Marta, comunidad rural



Figura 17: Biojardinera utilizada en ADES



Figura 18: Biojardinera utilizada en ADES

7.7 Descripción de los componentes

En los lugares visitados, las diferencias que por muy mínimas deben ser justificadas para contraponerse entre sí y analizar esas diferencias en base a los resultados obtenidos, ya que la variación de resultados en el muestreo y análisis de la calidad de agua puede ser debido a la existencia o inexistencia de algún elemento clave. Para ellos compararemos lo encontrado en Guacotecti y lo encontrado en Santa Marta en el siguiente (cuadro 3) se muestran los elementos que son parte del sistema de tratamiento de aguas grises.

Cuadro 5. Elementos que conforman el sistema en Guacotecti y Santa Marta

GUACOTECTI	SANTA MARTA
✓ Tubería PVC	✓ Tubería PVC
✓ Barriles 200 litros	✓ Barriles 200 litros
✓ Biojardinera grande	✓ Biojardinera pequeña
✓ Trampa de grasa y Grava	✓ Trampa de grasa
✓ 3 Barriles	✓ 3 Barriles
✓ Mampostería (Ladrillo, arena, cemento y hierro)	✓ Mampostería (Ladrillo, arena, cemento y hierro)
✓ Buen mantenimiento	✓ Mal mantenimiento
✓ Sin reúso	✓ Reúso en caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las estructuras y sus componentes de acuerdo a su distribución, medidas y manera de construir las biojardinera en Guacotecti y en Santa Marta (Figura 19 y 20).

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO ADES SANTA MARTA

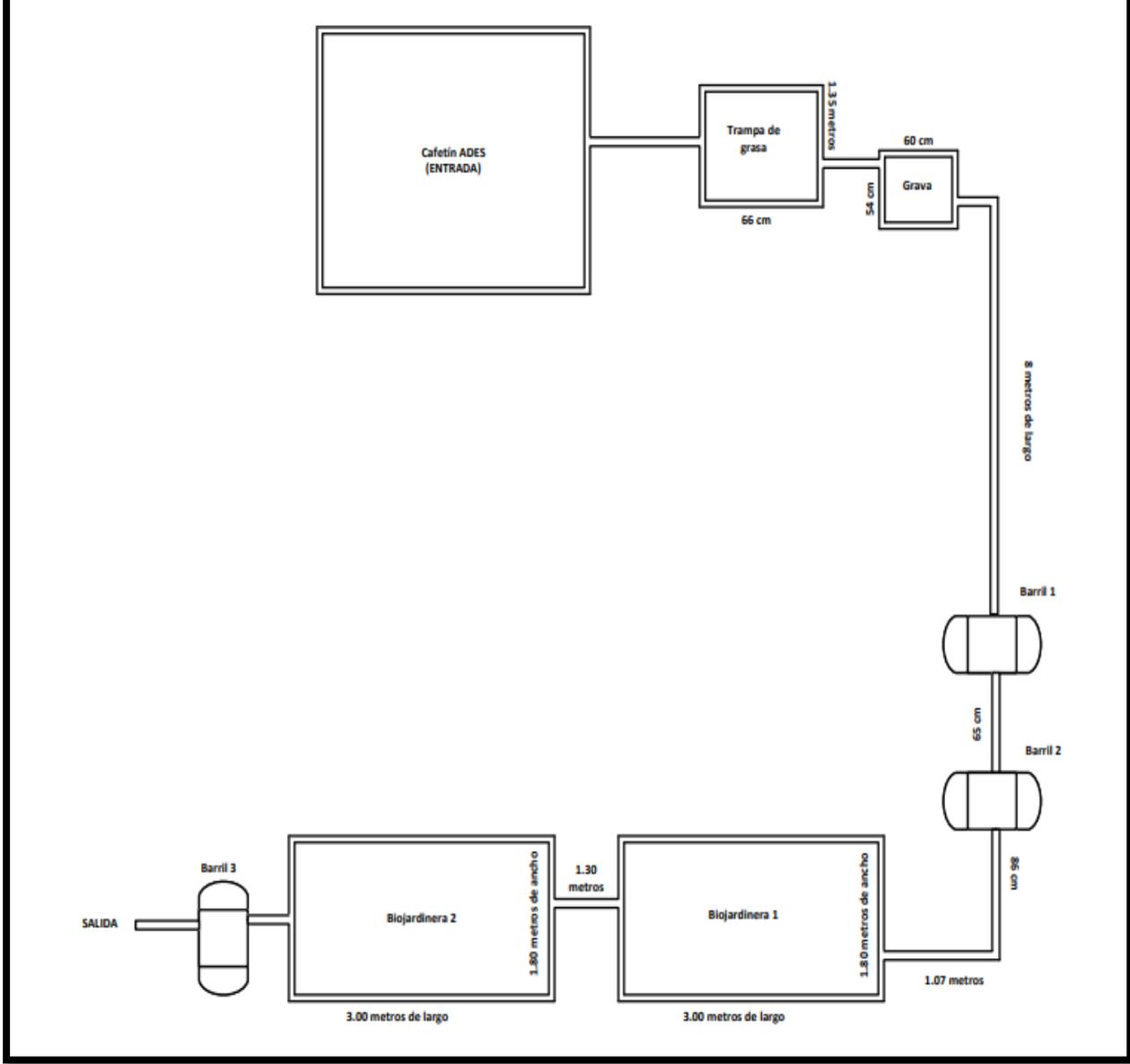


Figura 19. Esquema tecnológico de tratamiento de aguas grises, ADES, San Marcos, Guacotecti.

Fuente: elaboración propia en Visio profesional

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN GUACOTECTI (COMUNIDAD RURAL)

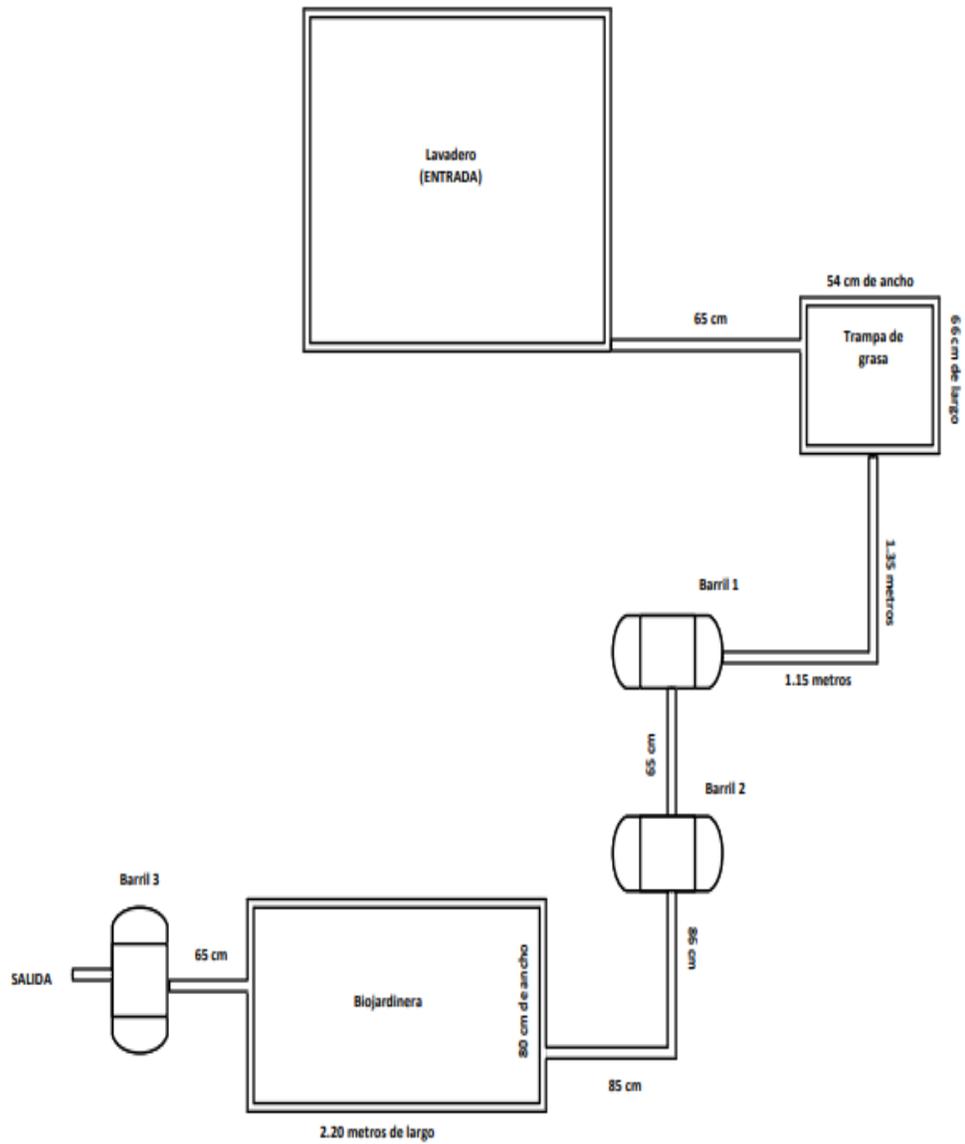


Figura 20. Esquema tecnológico de tratamiento de aguas grises, Santa Marta, Victoria.

Fuente: elaboración propia en Visio profesional

7.8 Componentes y estructuras

Los componentes, así como materiales que son necesarios para implementar una tecnología de tratamiento de agua grises son los siguientes mostradas en el (cuadro 4) con las siguientes especificaciones obtenidas en campo por mediciones propias, y por información proporcionada por quienes poseen dichas estructuras.

Cuadro 6. Componentes y materiales de construcción.

Material	Unidad	Medida
Tubos de PVC	metros	2 pulgadas
Barriles de plástico	litros	98 cm de alto x 60 cm de diámetro (200 litros)
Trampa de grasa	litros	54 cm de alto x 66 cm de ancho (25 litros)
Biojardinera	metros	3 metros de largo x 1.8 metros de ancho y 80 cm de profundidad.
Plantas Fito depuradoras	unidad	En base a la biojardinera
Mano de obra	hora hombre	8 horas
Cemento	Bolsa	40 kilos
Ladrillo rojo	cm	7 centímetros
Grava	m ³	4 metros cúbicos
Tubos de PVC	metros	4 pulgadas
Piedra cuarta	m ³	1 metro cubico

Fuente: elaboración propia.

7.9 Análisis de los sistemas y tecnologías

7.9.1 Tratamiento preliminar

Según (UDEP s.f) el tratamiento preliminar o pretratamiento, es un proceso que se sitúa en cabecera y tiene como objetivo eliminar, de las aguas residuales grises, todos aquellos elementos de tamaño considerable que por su acción mecánica pueden afectar al funcionamiento del sistema depurador, así como las arenas y elementos minerales que puedan originar sedimentación a lo largo de las conducciones.

En los sistemas de tratamiento de aguas grises encontrados en ADES si se observó que el sistema posee un pretratamiento que es una trampa de grasa en la biojardinera ubicada en el cafetín, debido a que por la naturaleza de las actividades en el cafetín el porcentaje de grasa en las aguas grises es muchísimo mayor que en la biojardinera ubicada en los servicios sanitarios. Pero, a diferencia de lo encontrado en Santa Marta, municipio de Victoria, no, el sistema era tan sencillo que poseían un tratamiento de grasas, pero este lo ejecutaba una de las 3 pilas, la primera, por lo que en este caso si cumple con lo establecido en la teoría como un pretratamiento.

7.9.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

Según IAGUA (2020) el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. Se favorecen las condiciones anaerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato. Se suelen desarrollar procesos de des nitrificación, entre otros.

Para los sistemas encontrados en los diferentes lugares visitados están acorde a la teoría de un humedal artificial de flujo sub- superficial horizontal, ya que estos constan de los sustratos mencionados como son grava, arenas y microorganismos, así como plantas fitodepuradoras que producen cambios significativos en las calidades de las aguas grises tratadas.

7.9.3 Parámetros de calidad

En la determinación de las calidades de agua en la trampa de grasa, y en las salidas de agua grises del tratamiento mediante la sonda paramétrica se hizo medición del parámetro de Ph en las diferentes muestras de agua gris (Cuadro 5), para observar la variación de Ph entre las muestras se presenta a continuación la siguiente gráfica.

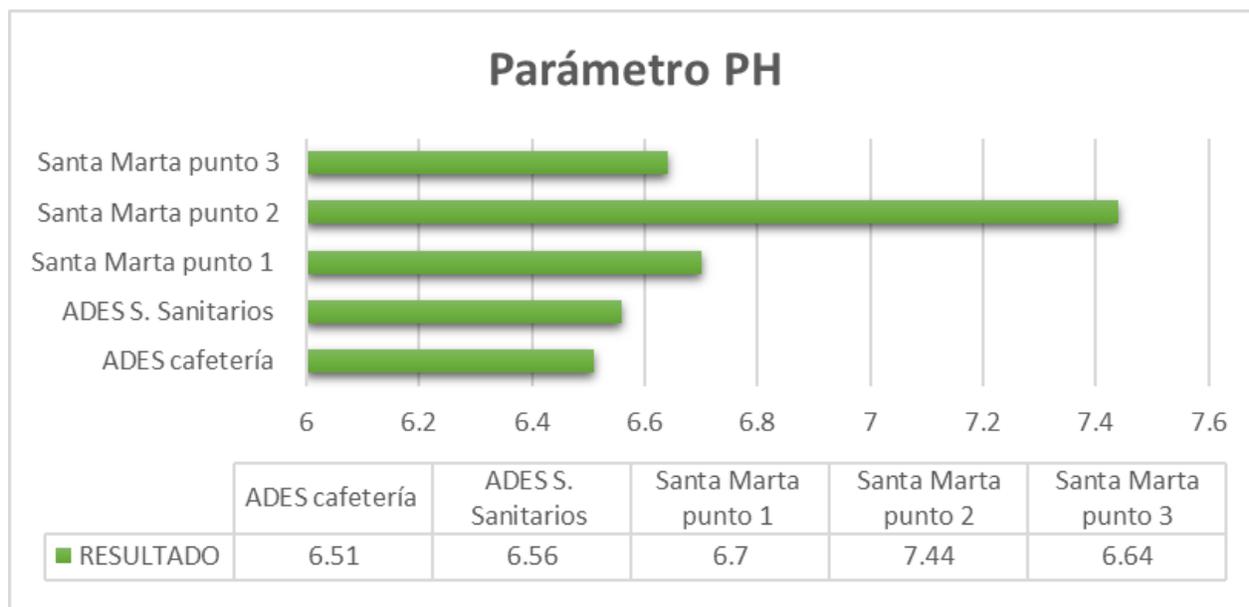
Parámetro Ph

Cuadro 7. Resultado de Ph

LUGAR	RESULTADO
ADES cafetería	 6.51
ADES S. Sanitarios	 6.56
Santa Marta punto 1	 6.7
Santa Marta punto 2	 7.44
Santa Marta punto 3	 6.64

Fuente: elaboración propia

Grafica 1. Valores obtenidos de Ph en muestras.



Fuente: Elaboración propia.

1. **Análisis:** La variación entre los niveles de Ph en los distintos puntos de muestreo es relativamente neutra, siendo el punto de muestreo 2, ubicado en la comunidad rural de Santa Marta que presento el promedio Ph más neutro con un 7.44 de Ph y el punto de muestreo de ADES en los servicios sanitarios el que presento el más ácido con un promedio Ph de 6.56 como se muestra en la gráfica 1.

Las calidades del agua de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis a las muestras tomadas de los distintos puntos muestran resultados de calidad variables en el caso de Ph encontrándose dentro del rango establecido por el decreto número 50 y el RTC con los valores entre 6 y 9.

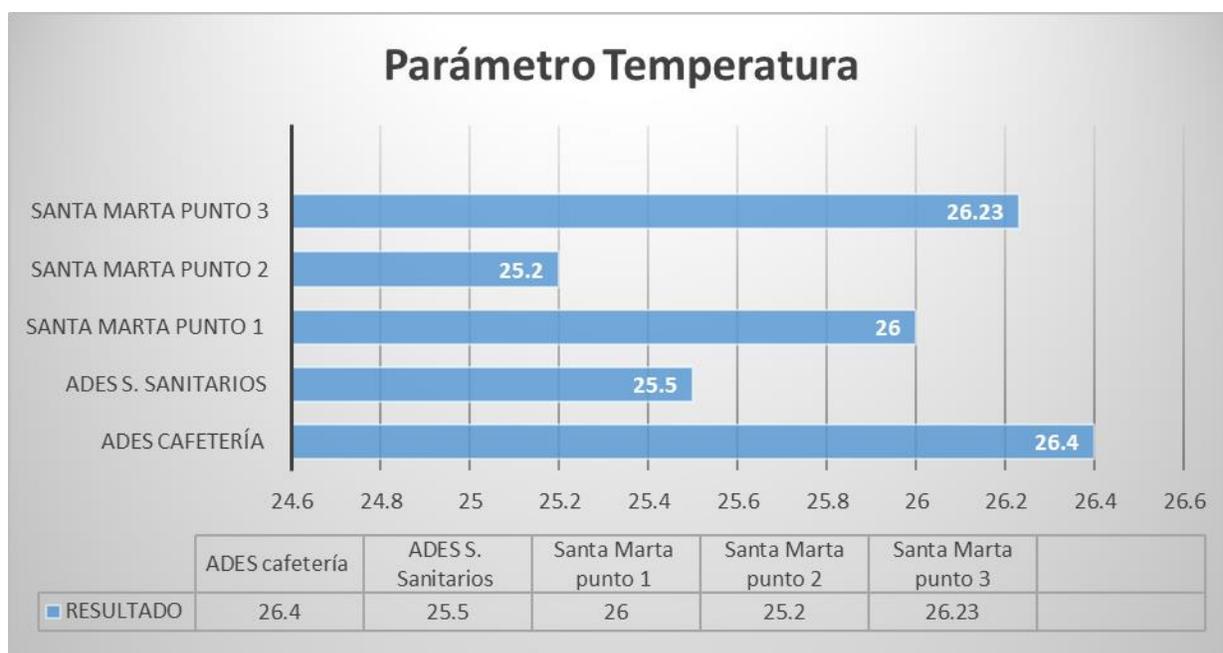
Parámetro Temperatura

En la determinación de las calidades de agua mediante la sonda paramétrica se hizo medición del parámetro de temperatura en las diferentes muestras de aguas grises, para observar la variación de T° entre las muestras se presenta a continuación la siguiente gráfica.

Cuadro 8. Valores de Temperatura.

LUGAR	RESULTADO
ADES cafetería	↑ 26.4
ADES S. Sanitarios	↓ 25.5
Santa Marta punto 1	→ 26
Santa Marta punto 2	↓ 25.2
Santa Marta punto 3	↑ 26.23

Grafica 2. Valores obtenidos de temperatura en muestras.



FUENTE: *elaboración propia*

Análisis: Las variaciones entre temperatura en los lugares muestreados si presentan diferencias, aunque son mínimas el lugar con la temperatura más alta en la muestra fue ADES cafetería, quien

presento un promedio de temperatura de 26.4, siendo la temperatura más baja registrada la del punto 2 de Santa Marta con un 25.2.

Las calidades del agua de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis a las muestras tomadas de los distintos puntos muestran resultados de calidad variables en el caso la temperatura también se encuentra dentro del rango aceptable entre 24° C y 27.5° C de acuerdo con el decreto 50, art 84 como referencia entre el rango de 5 a 35 °C.

Parámetro Salinidad

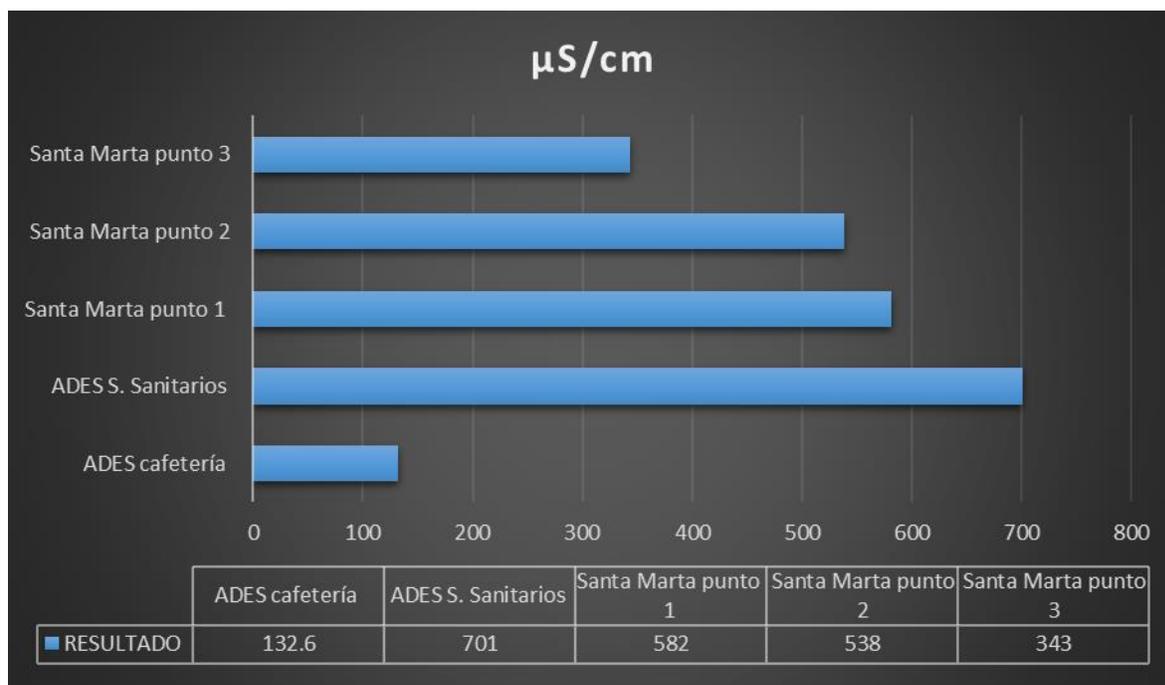
En la determinación de las calidades de agua mediante la sonda paramétrica se hizo medición del parámetro de salinidad en las diferentes muestras de aguas grises, para observar la variación de salinidad entre las muestras se presenta a continuación la siguiente gráfica.

Cuadro 9. Valores de salinidad

LUGAR	RESULTADO
ADES cafetería	 132.6
ADES S. Sanitarios	 701
Santa Marta punto 1	 582
Santa Marta punto 2	 538
Santa Marta punto 3	 343

Fuente: elaboración propia

Grafica 3. Valores de Salinidad



Fuente: Elaboración propia

Análisis: La salinidad encontrada en las muestras de aguas grises evaluadas presentan diferencias entre sí, mostrando mayor salinidad el promedio de salinidad de punto de muestreo ADES s. sanitarios 701 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y presentando menor salinidad el promedio de muestra de ADES cafetería con 132.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las calidades del agua de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis a las muestras tomadas de los distintos puntos muestran resultados de calidad variables en el caso de la conductividad eléctrica los valores de acuerdo al decreto 50 para aguas de irrigación cumplen con el rango de entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, más el emplear un buen manejo del sistema, se obtienen resultados favorables como en el caso del Punto 2 de Santa Marta, que hasta reutilizan el agua tratada en un cultivar de caña de azúcar y este produce frutos altamente aceptables.

Parámetro Sólidos Disueltos Totales

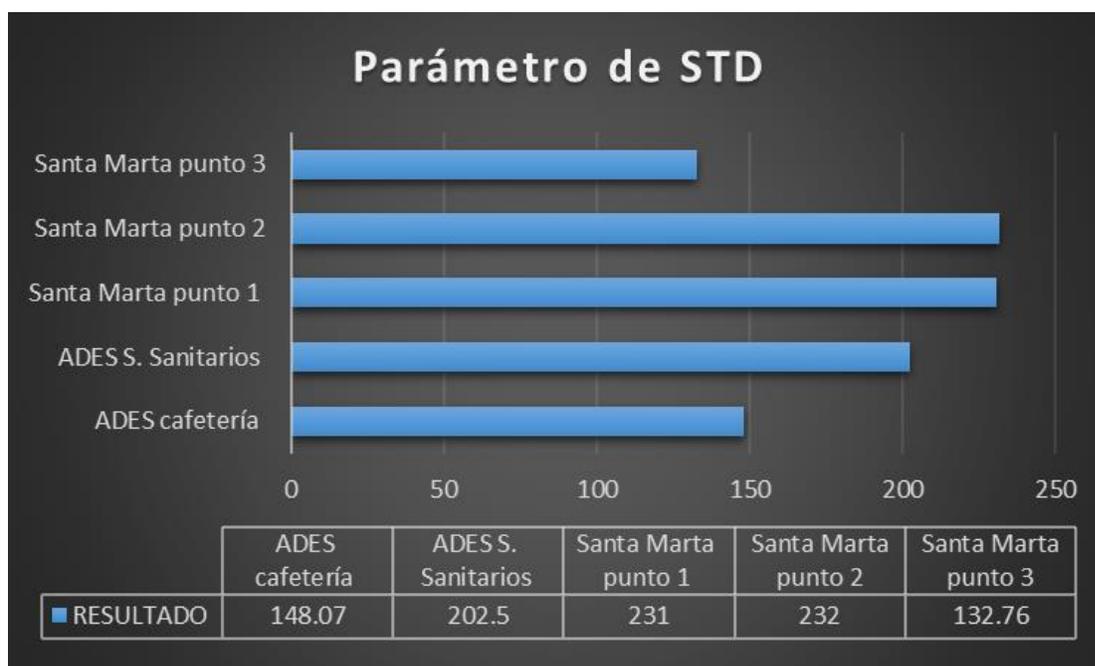
En la determinación de las calidades de agua mediante la sonda paramétrica se hizo medición del parámetro de sólidos disueltos totales en las diferentes muestras de aguas grises, para observar la variación de sólidos disueltos totales entre las muestras se presenta a continuación la siguiente gráfica.

Cuadro 10. Valores de Solidos Disueltos Totales.

LUGAR	RESULTADO
ADES cafetería	↓ 148.07
ADES S. Sanitarios	↑ 202.5
Santa Marta punto 1	↑ 231
Santa Marta punto 2	↑ 232
Santa Marta punto 3	↓ 132.76

Fuente: elaboración propia.

Grafica 4. Valores de Solidos Totales Disueltos



Fuente: Elaboración propia.

Análisis: Durante los análisis referentes a determinar los sólidos disueltos totales se encontró que si hay diferencias significativas en cuanto a los resultados obteniendo el punto 3 de Santa Marta el menor resultado con 132.76 mg/l de STD y siendo la que más STD poseía el promedio del punto 2 de Santa Marta con 232 mg/l.

Parámetro Oxígeno Disuelto

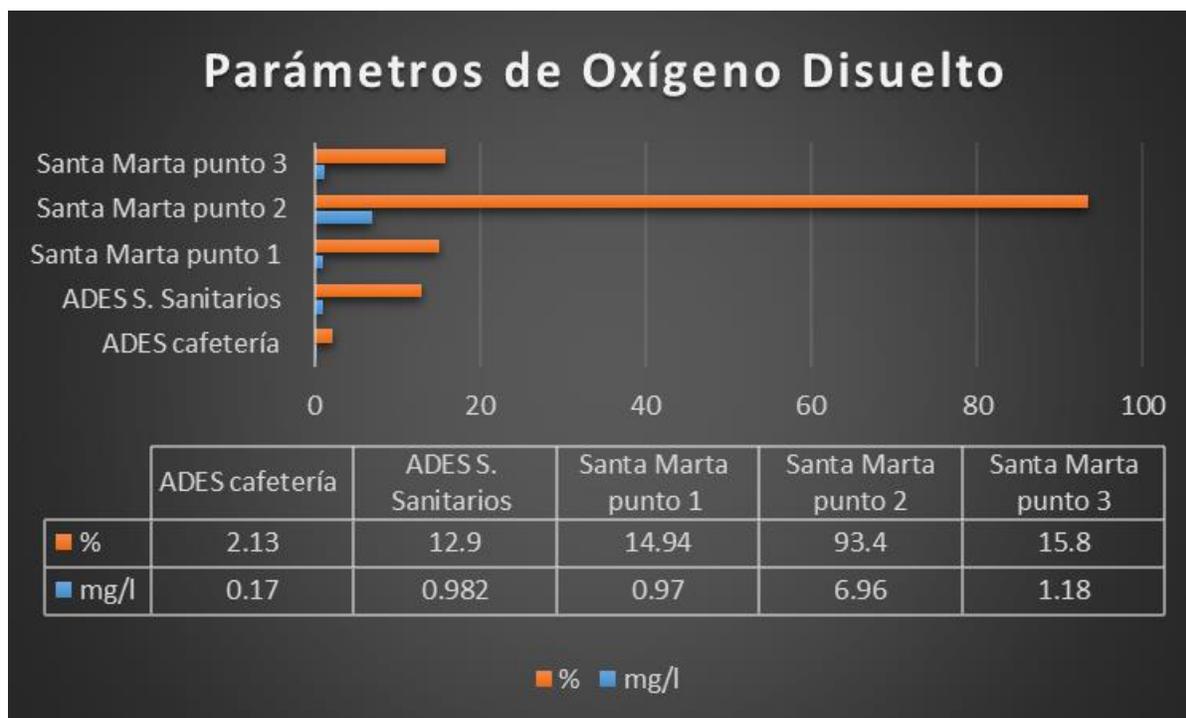
En la determinación de las calidades de agua mediante la sonda paramétrica se hizo medición del parámetro de oxígeno disuelto en las diferentes muestras de aguas grises, para observar la variación de oxígeno disuelto entre las muestras se presenta a continuación la siguiente gráfica.

Cuadro 11. Valores de Oxígeno Disuelto

LUGAR	mg/l	%
ADES cafetería	 0.17	2.13
ADES S. Sanitarios	 0.982	12.9
Santa Marta punto 1	 0.97	14.94
Santa Marta punto 2	 6.96	93.4
Santa Marta punto 3	 1.18	15.8

Fuente: elaboración propia

Grafica 5. Valores de Oxígeno Disuelto.



Fuente: elaboración propia

Análisis: Los resultados obtenidos a partir de la determinación del parámetro para Oxígeno disuelto en los promedios de los lugares donde se muestreo es alto para el punto de muestreo 2 de Santa Marta, y extremadamente bajo para ADES cafetería, debido a que ahí es donde mayor cantidad de grasa contiene el agua gris generada por la naturaleza de la actividad que ahí se desarrolla teniendo un total de 2.13 mg/l a diferencia de los 93.4 mg/l del punto 2 de San Marcos.

Legislación salvadoreña

De acuerdo al decreto 50 que es el REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION, Los parámetros de Ph obtenidos en los análisis con la sonda paramétrica en las muestras de aguas grises recolectadas en las visitas si cumple en los rangos permisibles. Mas, sin embargo, para determinar si estos lugares con sus tecnologías están fuertemente apegados s la legislación nacional, es necesario realizar análisis físico químicos más profundos con resultados de laboratorio que permitan determinar si las calidades de estas aguas son aptas y se encuentran entre los parámetros permisibles por el decreto 50 y el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 15.05.01:18) (RTS 2018).

Mantenimiento

De acuerdo a lo expresado en la teoría por Sánchez (2019). En cuanto al correcto mantenimiento que se le debe proporcionar a este tipo de tecnologías, los lugares visitados en efecto, no cumplen con el mantenimiento adecuado que estos deben tener cada cierto tiempo, para un funcionamiento óptimo del sistema, así como también poder obtener resultados óptimos y aceptables de acuerdo a la legislación salvadoreña.

Es necesario orientar a las personas a que realicen este mantenimiento, constantemente y permanentemente para generar así resultados favorables y hacer valer la pena en cuanto a la implementación, costo y finalidad de los proyectos que llevan estas tecnologías a los diferentes lugares rurales.

Reúso adecuado del agua tratada

Producto del buen manejo y mantenimiento adecuado de la biojardinera ubicada en el punto 2 (figura 21) es que este promedio resulta el más favorable en todos los aspectos en cuanto a la calidad del agua muestreada, así mismo es su reúso el cual es empleado para un cultivar de caña de azúcar la cual es fructífera y altamente eficiente en el riego con el agua gris previamente tratada (figura 22).

Esta agua presenta los mejores resultados, y su reutilización es también un claro ejemplo de las bondades que produce el emplear y utilizar una tecnología de tratamiento de aguas grises óptima para cualquier zona rural, óptima para cuidar el medio ambiente y óptima para ser eficiente en el buen uso del vital líquido que en épocas de sequía se vuelve un recurso importante en la producción agrícola y aún más en la producción de huertos caseros, que el fin de esta tesina, analizar y determinar cuan productivas pueden ser estas tecnologías y si es viable el tratar y reutilizar el agua gris de lavado en las zonas rurales de San Marcos municipio de Guacotecti y en ADES de Santa Marta, municipio de Victoria. (Figura 23 y 24).



Figura 21: Cultivar de caña de azúcar. Punto 2 de Santa Marta, Victoria.



Figura 22: Plantas Fito depuradoras en apogeo. Punto 2 de Santa Marta, Victoria.



Figura 23: Plantas Fito depuradoras en apogeo. Punto 2 de San Marcos, Guacotecti.



Figura 24: Muestras y su turbidez.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se pudo verificar que de acuerdo a lo mencionado por Sánchez (2019) las tecnologías si cumplen con los componentes mínimos para ser eficaces en el tratamiento de las aguas grises, ya que poseen un pre tratamiento mediante una serie de trampas de grasas, y un tratamiento biológico basado en un humedal artificial denominado también biojardinera; las cuales están hechas de materiales duraderos y su implementación es viable para tratar el agua gris.
2. La tecnología para el tratamiento de aguas grises de Guacotecti es funcional debido al buen mantenimiento, lo cual se refleja en los parámetros de calidad medidos teniendo un buen perfil de agua con factibilidad para ser reutilizada en los huertos caseros de igual manera, la biojardinera ubicada en el punto de muestreo 2 en Santa Marta cuyas aguas grises tratadas son reutilizadas para el riego de caña de azúcar, lo contrario observado en los otros sitios de muestreo donde el mantenimiento no es el adecuado, en estos casos representa una restricción para el reúso del agua.
3. Las calidades del agua de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis a las muestras tomadas de los distintos puntos muestran resultados de calidad variables en el caso de Ph encontrándose dentro del rango establecido por el decreto número 50 y el RTC con los valores entre 6 y 9, la temperatura también se encuentra dentro del rango aceptable entre 24° C y 27.5° C de acuerdo al decreto 50, art 84 como referencia entre el rango de 5 a 35 °C, para el caso de la conductividad eléctrica los valores de acuerdo al decreto 50 para aguas de irrigación cumplen con el rango de entre 250 y 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, más el emplear un buen manejo del sistema, se obtienen resultados favorables como en el caso del Punto 2 de San Marcos, que hasta reutilizan el agua tratada en un cultivar de caña de azúcar.
4. Para determinar si las aguas grises tratadas mediante el sistema de biojardinera son o no aptas para el riego en huertos caseros en las comunidades rurales de Guacotecti y Victoria, es necesario realizar un estudio más profundo que permita obtener resultados de laboratorio que puedan ser comparados con la clasificación emitida en el decreto N° 39, como aguas aptas para riego agrícola de tipo 2, 3 y 4 y otros diferentes decretos que

regulan los vertidos de agua para riego y para receptores naturales, obtener información profunda y verídica acerca de los parámetros que en esta tesina no fueron tomados debido a la falta de recursos y herramientas de laboratorio que solo pueden lograrse mediante una investigación de campo más profunda.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Burelo O. 2004. Parque reserva, Península del Carrizal. Tratamiento de aguas residuales (en línea). Capítulo IV. Tesis Lic. En Arquitectura. Cholula. Puebla. 72 México. Universidad de las Américas Puebla (UDLAP). Consultado 20 jul. 2020. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/
- DEP (Universidad de Piura). Sf. Naturaleza del agua residual doméstica y su tratamiento (en línea). Piura y Lima, Perú. Consultado 10 jul. 2020. Disponible en: [:http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf)
- Escalante V.; Cardoso L; Ramírez E. 2002. Estudio de factibilidad integral de la reutilización de las aguas residuales en la ciudad de Monterrey (en línea). 2ª Etapa. CNA. Dir. Gral. de Usos del Agua. ITESM. Monterrey. Mexico. Consultado 27 sep. 2021. Disponible en: <file:///D:/Desktop/EX13/5ReusodeaguaresidualenMexico.pdf>
- FUNDESYRAM. Fundación para el desarrollo socioeconómico y restauración ambiental 2021. Reutilización de aguas grises. Agroecología (en línea). Ahuachapán. El Salvador. Consultado 27 de sep. 2021. Disponible en: [hppt://oweihg437yttgtilizar.Aguas Resídales Del Hogar Para El Huerto \(fundesyram.info\)](hppt://oweihg437yttgtilizar.AguasResídalesDelHogarParaElHuerto(fundesyram.info))
- Gómez Domínguez, RE; Palacios Díaz, LM; Sánchez Pérez, LE. 2009. Propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas y ampliación del alcantarillado sanitario en zonas ubicadas a nor-orientes del casco urbano en el Municipio de Quezaltepeque, Departamento de La Libertad (en línea). Tesis Ing. Civil. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador (UES). Consultado 9 jul. 2020. Disponible en: [hppt://i.ues.edu.sv/id/eprint/4134/1/PropuestadeplantadeQuezaltepeque%2Cdepartamento de La Libertad.pdf](hppt://i.ues.edu.sv/id/eprint/4134/1/PropuestadeplantadeQuezaltepeque%2Cdepartamento%20de%20La%20Libertad.pdf)

- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura, México). 2018. Clasificación de Aguas para Riego Agrícola: Serie Agua y Riego (en línea). Artículos Técnicos de INTAGRI Núm. 20. Ciudad de México, México. Consultado 24 jul. 2020. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/clasificacion-de-aguas-para-riego-agricola>.
- IAGUA. 2020. Los Humedales Artificiales. Componentes y tipos (en línea). Consultado 20 jul. 2020. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/carolinamiguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipo>.
- Morena E. 2003. Informe nacional de Nicaragua sobre la situación de los mecanismos gubernamentales para hacer realidad la visión del agua para el hemisferio. Rehusó de aguas agrises (en línea). Managua. Nicaragua. Consultado 27 de sep. 2021. Disponible en: [http://BCdelAgua2.pmd\(enacal.com.ni\)](http://BCdelAgua2.pmd(enacal.com.ni))
- OPS (Organización Panamericana de la salud, Estados Unidos). 2003. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial (en línea). Washinton DC. Estados Unidos. Consultado 23 ago. 2021. Disponible en: [Buscar - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud \(paho.org\)](#).
- RTS (Reglamento Técnico Salvadoreño). 2018. AGUAS RESIDUALES. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES PARA DESCARGA Y MANEJO DE LODOS RESIDUALES (en línea). RTS 13.05.01:18. San Salvador. El Salvador. Consultado 20 jul. 2020. Disponible en <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/marn/documents/1587/download>

- Sánchez I. 2019. Reutilizar aguas grises con distribución directa bajo acolchado. Técnicas de agricultura en agricultura ecológica. (en línea) ed. 8. FUNDESYRAM. El Salvador. Consultado 6 oct. 2021. Disponible en: [hppt// - FUNDESYRAM • Project • Fundación Interamericana \(iaf.gov\)](#)

- Vásquez J. 2005. Uso y tratamiento de aguas grises. Tecnologías de reusó (en línea) ed. 12. Piura, Perú. Universidad de Piura. Consultado 18 ago. 2021. Disponible en: <https://www.construccionyvivienda.com/2020/05/27/tratamiento-y-reuso-de-aguas-residuales-alternativas-para-cada-industria/>.

- ADES (Asociación de desarrollo económico social). 2021. Santa Marta renace. Información libre (en línea) ed. 234. Cabañas, El Salvador. Consultado 19 nov. 2021. Disponible en: <http://www.adessantamarta.sv/contactenos#display-misc>.

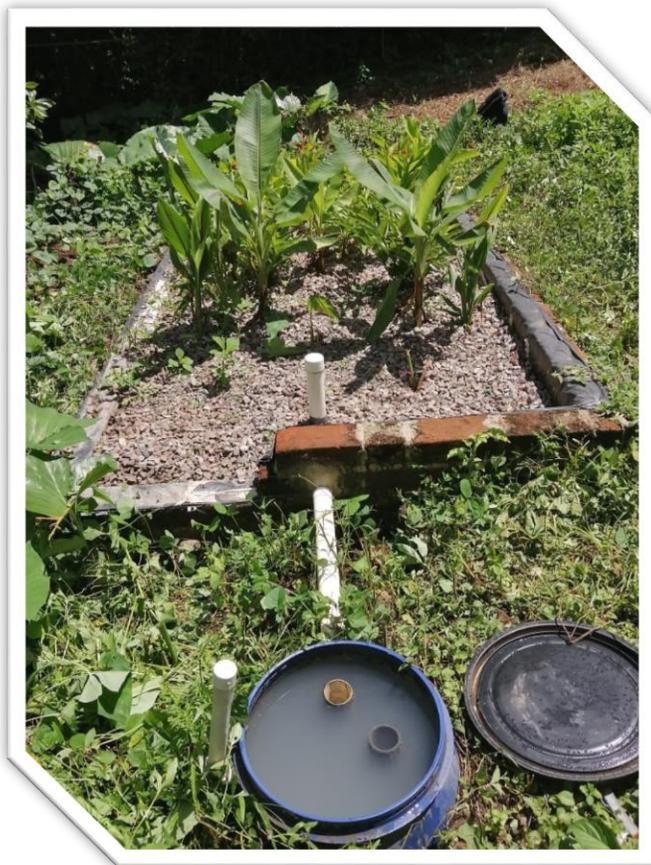
X. ANEXOS



Anexo A1. Identificación de trampas de grasa del sistema de tratamiento de aguas residuales



Anexo A2. Trampa de grasa del sistema de tratamiento de aguas grises



Anexo A3. Flujo de aguas grises de trampa de grasa hacia humedal



Anexo A4. Humedal artificial para tratamiento de aguas grises en Guacotecti



Anexo A5. Toma de mediciones mediante la sonda paramétrica en Guacotecti.



Anexo A6. Medición de parámetros mediante sonda paramétrica en muestra tomada de trampa de grasa.



Anexo A7: Toma de mediciones mediante la sonda paramétrica en Guacotecti.

MUESTRAS	PARAMETROS EN CAFETERÍA EN ADES						
	Sonda 1: PHC101		Sonda 2: CDC401			Sonda 3: LDO101	
	T °	Ph	CE	Salinidad	STD	OD	
	° C		µS/cm		mg/l	mg/l	%
Pila 1	27.5	6.55	285	285	132.23	0.15	1.9
Pila 2	26.9	6.37	140	140	160	0.17	2.2
Pila 3	24.8	6.61	132.6	132.6	152	0.19	2.3
Promedio	26.4	6.51	185.86	185.86	148.07	0.17	2.13

Anexo C1. Parámetros obtenidos de las aguas grises de la cafetería de ADES en Santa Marta.

MUESTRAS	PARAMETROS EN SERVICIOS SANITARIOS DE ADES						
	Sonda 1: PHC101		Sonda 2: CDC401			Sonda 3: LDO101	
	T °	Ph	CE	NaCl	STD	OD	
	° C		µS/cm		mg/l	mg/l	%
Pila 1	25	6.69	150	285	112.1	2.41	31.8
Pila 2	26.9	6.55	144	140	214.5	0.09	1.1
Pila 3	24.8	6.44	533	132.6	281	0.45	5.8
Promedio	25.5	6.56	275.6	185.8	202.5	0.98	12.9

Anexo C2. Parámetros obtenidos de las aguas residuales generadas en los servicios sanitarios de ADES en Santa Marta.

MUESTRAS	PARAMETROS EN 1 PUNTO DE MUESTREO, COMUNIDAD RURAL DE SAN MARCOS, GUACOTECTI.						
	Sonda 1: PHC101		Sonda 2: CDC401			Sonda 3: LDO101	
	T °	Ph	CE	NaCl	STD	OD	
	° C		µS/cm		mg/l	mg/l	%
Pila 1	26.4	6.8	337	285	181	1.5	19.74
Pila 2	25.8	6.72	537	140	256	0.17	22
Pila 3	25.8	6.6	538	132.6	256	1.25	3.1
Promedio	26	6.7	470.7	185.9	231	0.97	14.94

Anexo C3. Parámetros obtenidos de las aguas grises en punto 1 de muestreo comunidad rural de San Marcos, Guacotecti.

MUESTRAS	PARAMETROS EN PUNTO 2 DE MUESTREO, COMUNIDAD RURAL DE SAN MARCOS, GUACOTECTI.						
	Sonda 1: PHC101		Sonda 2: CDC401			Sonda 3: LDO101	
	T °	Ph	CE	NaCl	STD	OD	
	° C		µS/cm		Mg/l	Mg/l	%
Pila 1	26	7.44	314	10.6	153	6.96	93.4
Pila 2	25.8	7.44	557	10.6	271	6.96	93.4
Pila 3	25	7.44	701	10.6	344	6.96	93.4
Promedio	25.2	7.44	491	7.95	232	6.96	93.4

Anexo C4. Parámetros obtenidos de las aguas generadas en punto 2 de muestreo, comunidad rural de San Marcos, Guacotecti.

Anexo C5. Parámetros obtenidos del punto 3 de muestreo, comunidad rural de San Marcos, Guacotecti.

MUESTRAS	PARAMETROS EN PUNTO 3 DE MUESTREO, COMUNIDAD RURAL DE SAN MARCOS, GUACOTECTI.						
	Sonda 1: PHC101		Sonda 2: CDC401			Sonda 3: LDO101	
	T °	Ph	CE	NaCl	STD	OD	
	° C		µS/cm		mg/l	mg/l	%
Pila 1	26.8	6.49	190.5	160.5	89.3	0.49	6.5
Pila 2	25	6.6	132.6	132	152	0.19	2.3
Pila 3	26.8	6.46	343	200	157	2.88	38.6
Promedio	26.23	6.64	222.2	164.22	132.76	1.18	15.8

TABLA NO. 2

NORMAS DE CALIDAD DESEABLES EN AGUAS PARA IRRIGACION

PARAMETROS	VALORES 1/
-6	
Conductividad (Mmhos x 10)	250 750
RAS (unidades)	0.0 10.0
CRS (meq/lt)	1.25
3/2 % SODIO (meq/lt)	30.0 60.0
BORO (meq/lt)	0.5 2.0
CLORUROS (mg/lt)	5.5
SULFATOS (MEQ/LT)	4.1

- a) TIPO 1 REUSO URBANO: Riego de zonas verdes, campos deportivos, parques, cementerios, lavado de automóviles, lavado de inodoros, combate de incendios y otros usos similares.
- b) TIPO 2 REUSO PARA RIEGO CON ACCESO RESTRINGIDO: Silvicultura, y otras áreas donde el acceso del público es prohibido, restringido o poco frecuente.
- c) TIPO 3 REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS PERMANENTES DE FRUTOS QUE NO SE PROCESAN INDUSTRIALMENTE: Riego de cualquier cultivo comestible que son consumidos crudos.
- d) TIPO 4 REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS DE ALIMENTOS QUE SE PROCESAN INDUSTRIALMENTE: Para riego de cultivos que tendrán procesamiento físico o químico necesario para la destrucción de los organismos patógenos que pudieran contener.
- e) TIPO 5 REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS NO ALIMENTICIOS PARA LOS HUMANOS: Riego de pastos para ganado, forrajes, cultivos de fibras y semillas, y otros cultivos no alimenticios.
- f) TIPO 6 REUSO RECREATIVO: En actividades deportivas donde el contacto con el agua sea incidental y/o contacto primario con aguas recuperadas y riego de campos deportivos.
- g) TIPO 7 REUSO PAISAJISTICO: Aprovechamiento en estructuras estéticas donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.
- h) TIPO 8 REUSO EN LA CONSTRUCCION: Compactación de suelos, control del polvo, lavado de materiales y producción de concreto.
- a) Los reusos detallados y los no especificados en este artículo serán analizados y aprobados por las autoridades competentes.

Anexo C6: Parámetros de Calidad según decreto N° 50 REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES.