

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA**



**MEMORIA DE SERVICIO SOCIAL**

Tema

“Análisis de la calidad de agua de sistemas de cosecha de aguas lluvias y sistemas de aguas grises en la microcuenca Arenal de Monserrat, San Salvador”.

Presentado por:  
Ing. Juan Carlos Herrera Godínez

Carné:  
HG94012

TUTORA:  
Dra. Marcia Lizeth Barrera de Calderón.

Ciudad Universitaria, 8 de abril de 2024.

## INTRODUCCIÓN.

La demanda de agua en El Salvador mantiene una tendencia de rápido crecimiento, esto se genera por el acelerado crecimiento demográfico y la elevación en el nivel de vida que está determinada por patrones de conducta que tienden al desperdicio y el abuso en el consumo (Ibarra, *et al*, 2017).

La búsqueda de medidas frente a la adaptación basadas en los ecosistemas permite a las organizaciones que trabajan por la adaptación al cambio climático, a tener una interacción local con las comunidades y la academia. City Adapt ha implementado sistemas de captación de agua lluvia y sistemas de biojardinera para tratar las aguas residuales, esto en centros escolares de la parte media de la Microcuenca el Arenal, incluyendo los Municipios de Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla, del Departamento de la Libertad.

El estudio comprendió un total de 03 puntos de control ubicados en Centros Escolares de los municipios La Libertad, en los que se analizaron 12 muestras de agua lluvia a la entrada y salida del sistema y 4 muestras del sistema de agua grises (Biojardineras).

Para el presente estudio se realizaron un total de 16 de muestra de agua para los análisis físico y químicos de los sistemas de cosecha de agua lluvia y análisis de agua residuales de biojardinera, sistemas implementados en los siguientes centros escolares:

Amigos del volcán, CE. Walter Thilo Deininger, CE. Marcelino García Flamenco.

Todos los centros escolares pertenecientes a la microcuenca Arenal de Monserrat, San Salvador. Entre los análisis físicos que se realizaron por cada muestreo fueron: la medición de pH, turbidez y color aparente; pruebas químicas que realizaron a ambos sistemas tenemos: para agua lluvia  $\text{NO}_3$  y Sólidos totales disueltos, el agua de las biojardinera fue químicamente evaluada mediante la determinación de la cantidad de coliformes por 100 ml (bacterias que expresan la contaminación con heces humanas y de animales), los miligramos por litro de oxígeno disuelto (para medir la contaminación con sustancias orgánicas), y la demanda bioquímica de oxígeno (en miligramos por litro, para la contaminación con nutrientes), sólidos suspendidos totales, aceites y grasas.

Se encontró que todos los parámetros de calidad del agua lluvia analizados cumplieron con el RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad,

Se analizaron los resultados y se compararon con el Reglamento Técnico Salvadoreño de agua de consumo humano y el reglamento para aguas residuales.

## METODOLOGÍA.

El proyecto se realizó en tres centros escolares de los Municipios de Antigua Cuscatlán y Santa Tecla, del Departamento de la Libertad.

(fig. 1 Mapa de los puntos de muestreo). En los cuales FUNDASAL, ha realizado la instalación de tanques 10,000 litros de captación de agua lluvia con su respectiva bomba y un filtro. (fig. 2 elementos que componen el sistema de captación de agua lluvia).

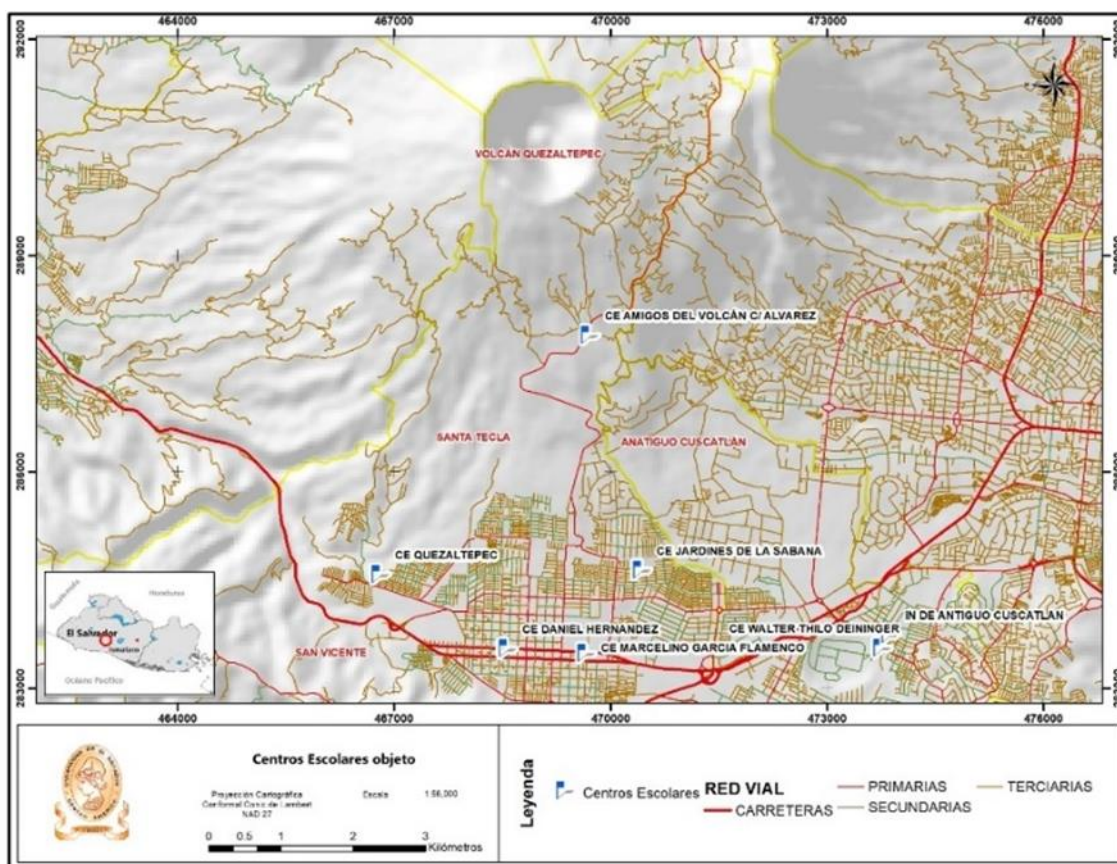


Fig1 mapa de puntos de muestreo

## Sistema de captación de agua lluvia y biojardinera

La toma de las muestras consistió en el proceso de muestro en Centros escolares, donde se han implementado sistemas de cosecha de agua lluvia y aguas de biojardinera a continuación se detalla el procedimiento:

Las muestras colectadas fueron trasladadas al laboratorio certificado LECC, para sus análisis físicos químicos y microbiológicos en hieleras diferentes dependiendo de la procedencia de las aguas; estas contenían hielo para guardar la cadena de custodia hasta la llegada al laboratorio.

En cada recolecta de agua se utilizó una sonda multiparámetros, para tomar los parámetros físicos y químicos a la entrada y salida de cada sistema muestreado de agua lluvia y gris, tales como la Temperatura °C, pH, Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos y salinidad.



Fig. 2 Elementos de sistema de captación de agua lluvia en centros Escolares. Tanque de 10,00 litros, bomba y grifo con su respectivo filtro.

En la Biojardinera Se tomaron cuatro muestreos en diferentes fechas, dos a la entrada y dos a la salida de la trampa de grasa de la Biojardinera, el agua de la Biojardinera es de uso doméstico y luego es usada para riego del jardín y de las mismas plantas que contiene la Biojardinera que son: croto, tornillo, lengua de suegra, plumero, bambú hijau, y lirio de barco (fig. 3 imágenes de la biojardinera)





Fig. 3 Imágenes de la biojardinera



Tomando datos de los parámetros de la biojardinera in situ.

- Actividad 1.1** Identificación de los sitios de muestreo mediante un mapa de ubicación y coordenadas
- Actividad 1.2** Se elaboro un protocolo de muestreo de aguas lluvias.
- Actividad 1.3** Se elaboro un plan de muestreo y coordinado con el laboratorio y los responsables de cada uno de los sitios
- Actividad 1.4** Se desarrollo la toma de muestras realizando toma de parámetros físicos en el lugar y entrega de muestras al laboratorio para análisis químicos.

- Actividad 1.5** Se dio el seguimiento adecuado al proceso de obtención de resultados por parte del laboratorio
- Meta 2** Se realizo el proceso de muestreo a la entrada y salida de Biojardinera en 1 sitio localizado en la microcuenca Arenal de Monserrat a razón de 4 muestras por sitio
- Actividad 2.1** Se Identifico los sitios de muestreo mediante un mapa de ubicación y coordenadas.
- Actividad 2.2** Se elaboro un protocolo de muestreo de aguas grises.
- Actividad 2.3** Se elaboro un plan de muestreo y se coordinó con el laboratorio y los responsables de cada uno de los sitios.
- Actividad 2.4** Se Desarrollo la toma de muestras realizando toma de parámetros físicos en el lugar y se entregaron las muestras al laboratorio para análisis químicos.
- Actividad 2.5** Se dio el seguimiento al proceso de obtención de resultados por parte del laboratorio.
- Meta 3** Se elaboro un informe del análisis de los resultados de calidad de agua obtenidos de **16** muestras de sistemas de cosecha de agua lluvia y 4 muestras de Biojardineras.
- Actividad 3.1** Se elaboro una hoja de cálculo que integro los resultados de los análisis de muestreo
- Actividad 3.2** Se elaboro un análisis comparativo de los resultados respecto a la normativa aplicable
- Actividad 3.3** Se interpreto los resultados
- Actividad 3.4** Se redacto y se entregó el informe

## Resultados obtenidos en el laboratorio



Fig. 7 parámetros físicos y químicos, de laboratorio a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias. Por centro escolares.

Los parámetros físicos y químicos de los sistemas de cosecha de agua lluvia, analizados en el laboratorio LECC, cumplen los parámetros permisibles por el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS).

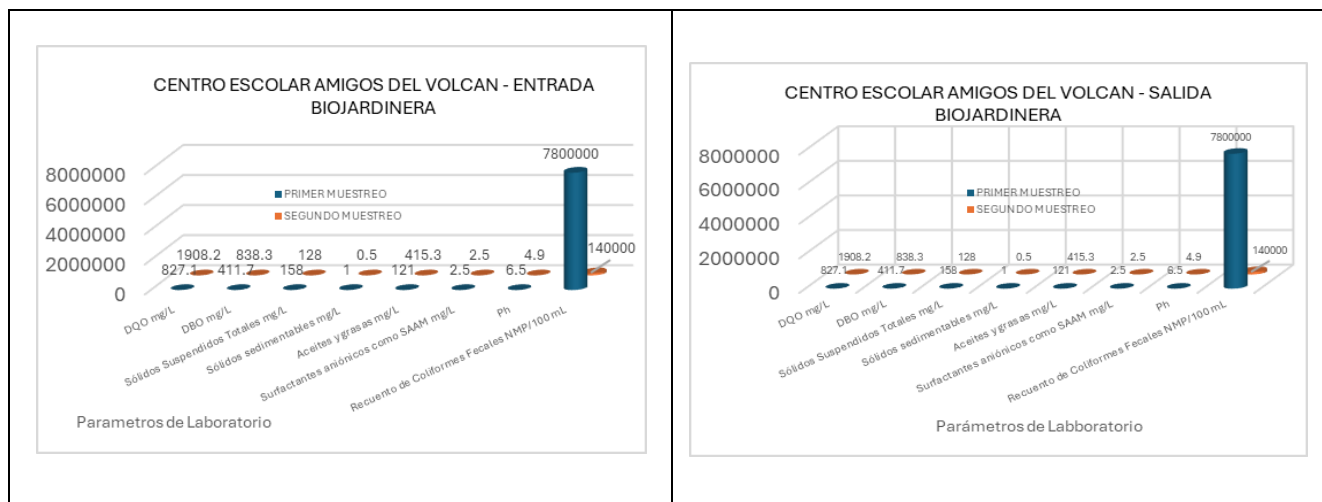


Fig.8 Parámetros Físicos químicos y Microbiológicos, de laboratorio a la entrada y salida del sistema de Biojardinera del Centro Escolar Amigos del Volcán.

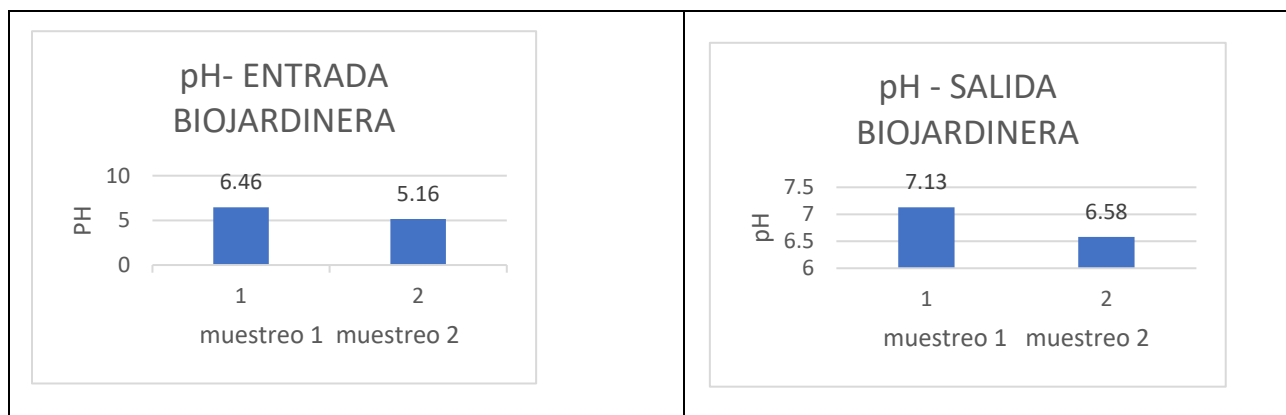
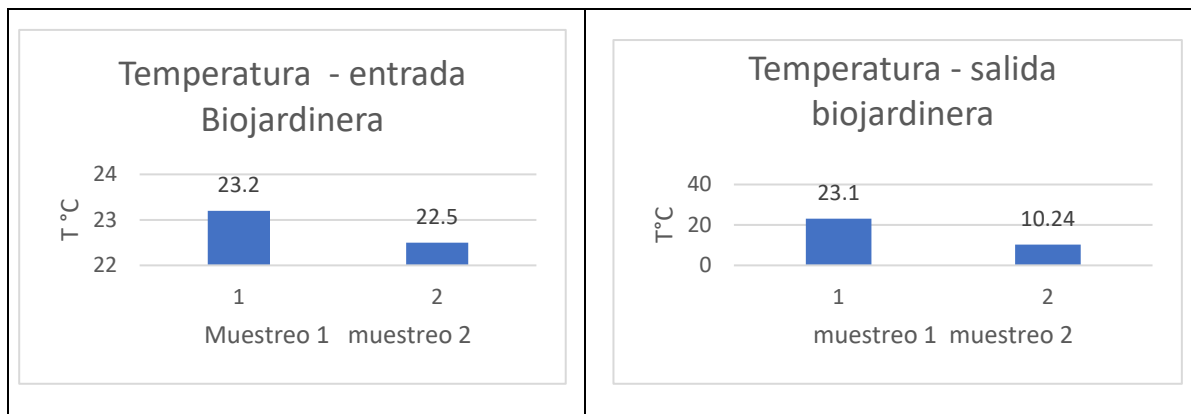
### Resultados de la biojardinera del CE. Amigos del Volcán

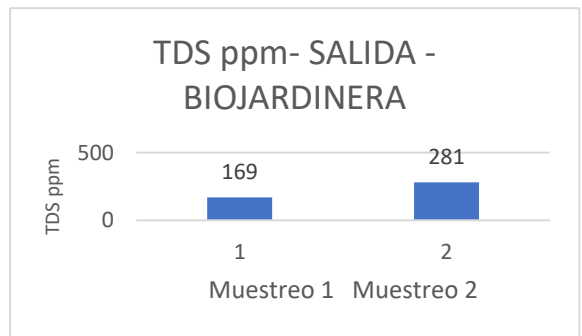
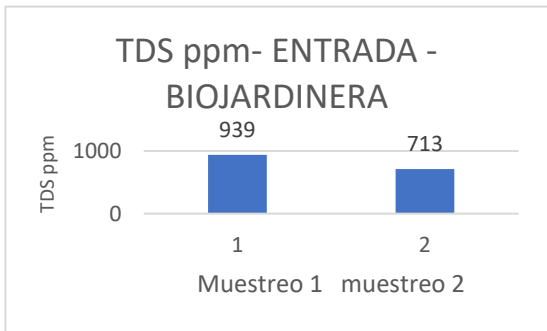
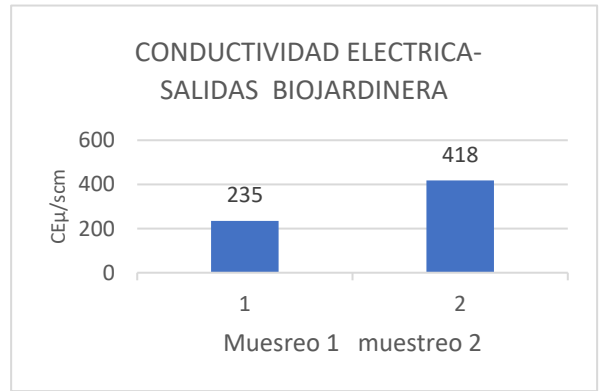
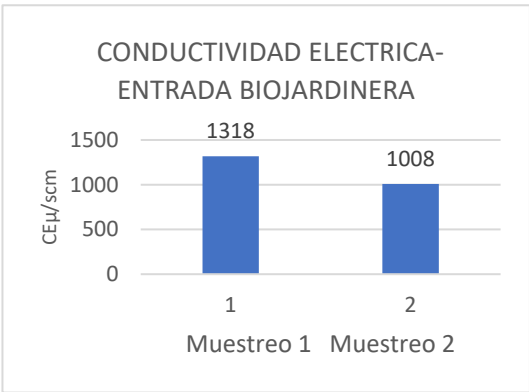
parámetros	Limite permisible	Entrada	Salida	Unidad
Demanda Química de Oxígeno *	<=150	1908.2	12.1	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días *	<=60	838.3	6	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales*	<=60	128	48	mg/L
Sólidos sedimentables *	<=1	0.5	0.1	mL/L
Aceites y grasas *	<=20	415.3	15.8	mg/L
Surfactantes aniónicos como SAAM (sustancias activas al azul de Metileno) *	Reportar	2.5	1.1	mg/L
pH *	Min: 6.0 Max: 9.0	4.9	7	No Aplica
Recuento de Coliformes Fecales *	Reportar	140000	4600	NMP/100 mL

La muestra que se tomó a la salida de la biojardinera cumplió con los parámetros permisibles de la RTS, no así los parámetros de entrada, por lo que se puede concluir la efectividad de la biojardinera.



En campo se utilizó una sonda multiparámetros, previamente calibrada y se realizó la toma de parámetros físicos y químicos a la entrada y salida de cada sistema muestreado de agua lluvia y gris, tales como la Temperatura °C, pH, Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos y salinidad, dando como resultado los siguientes datos:





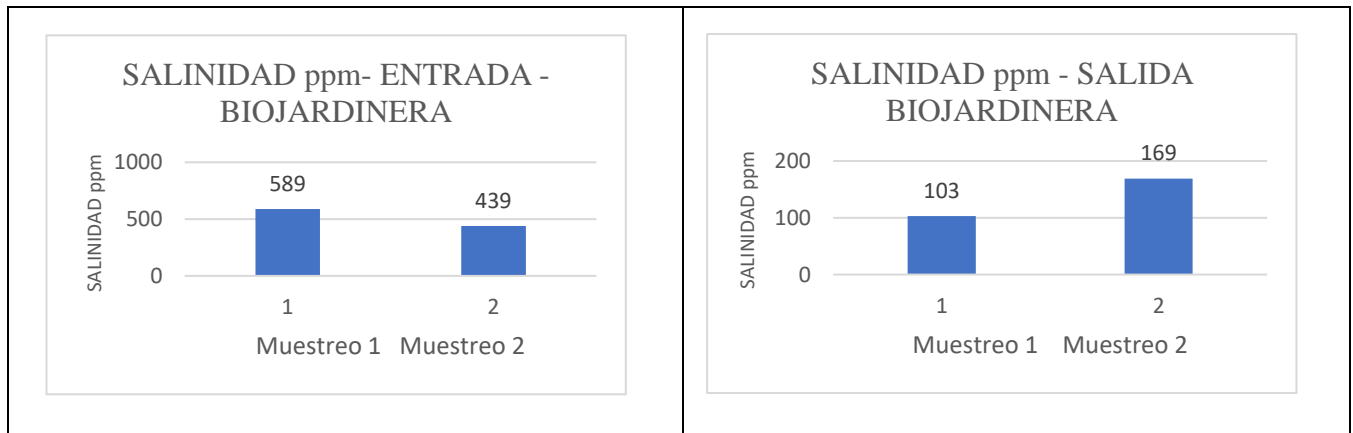
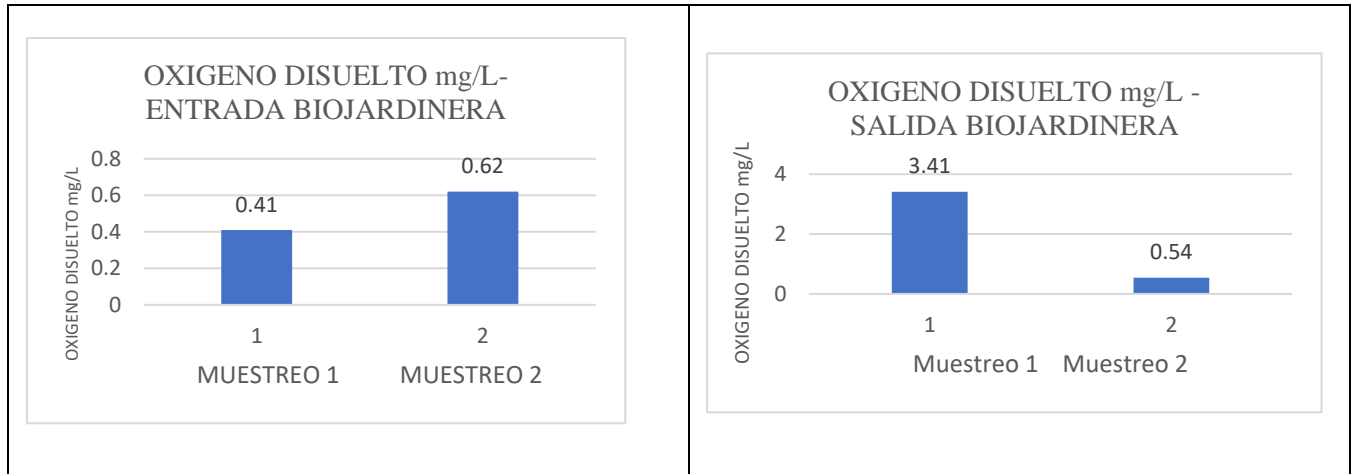
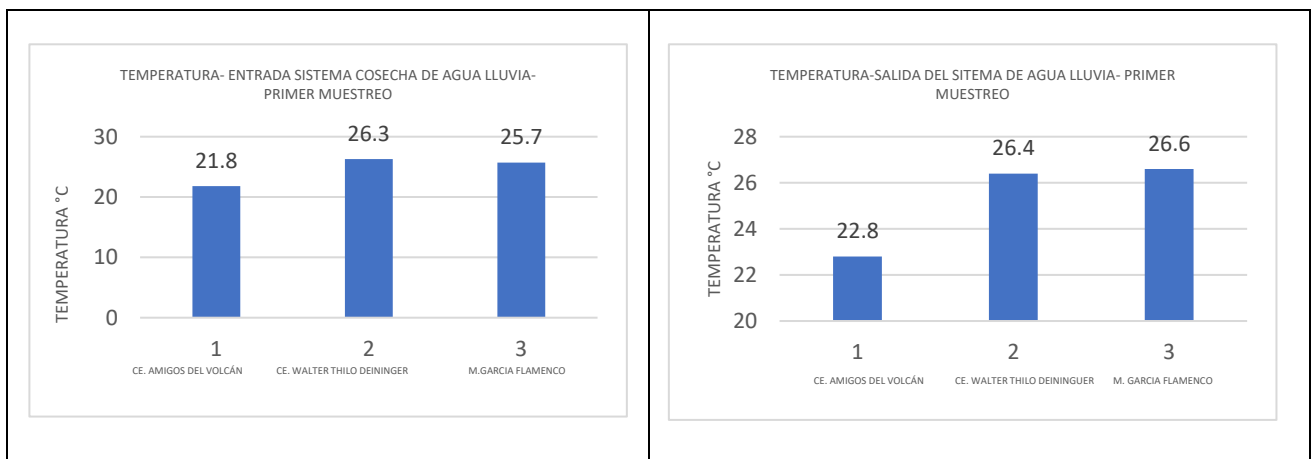
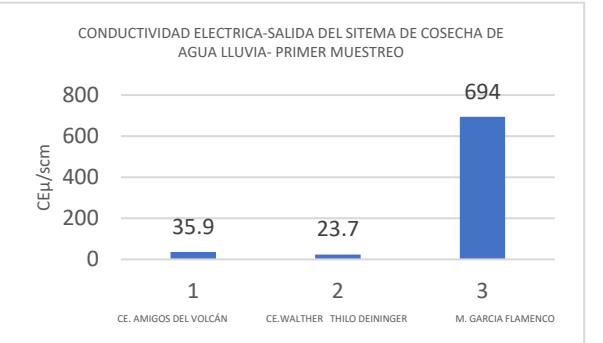
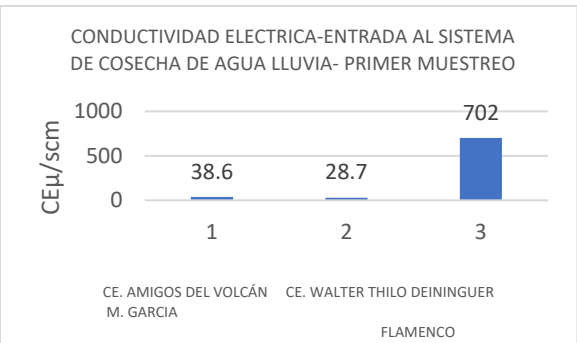
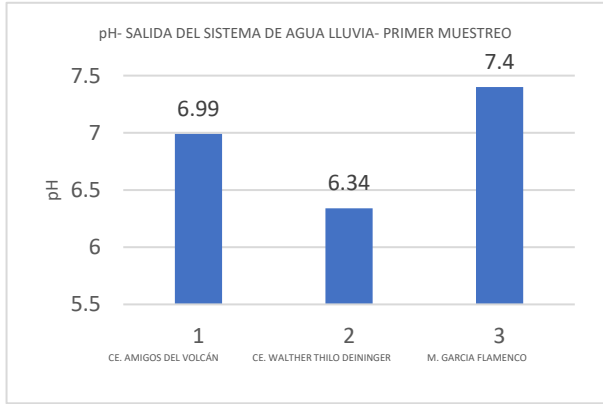
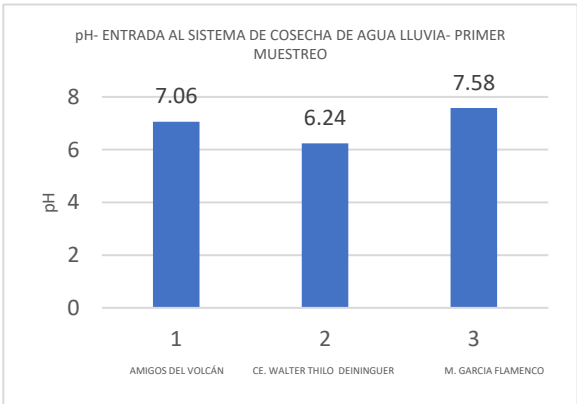


Fig.4 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo en entrada y salida de las biojardinera





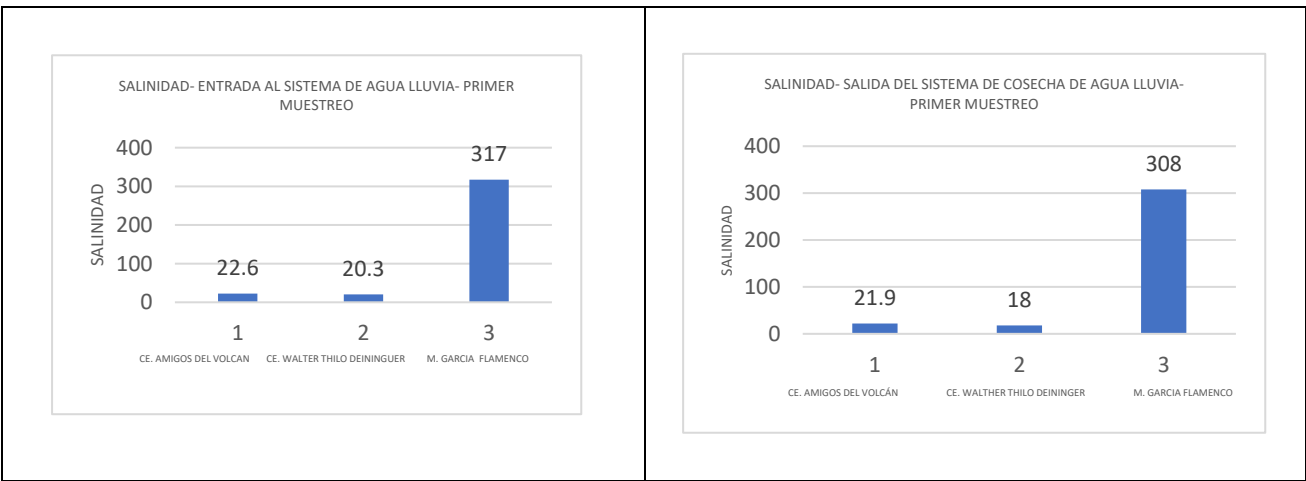
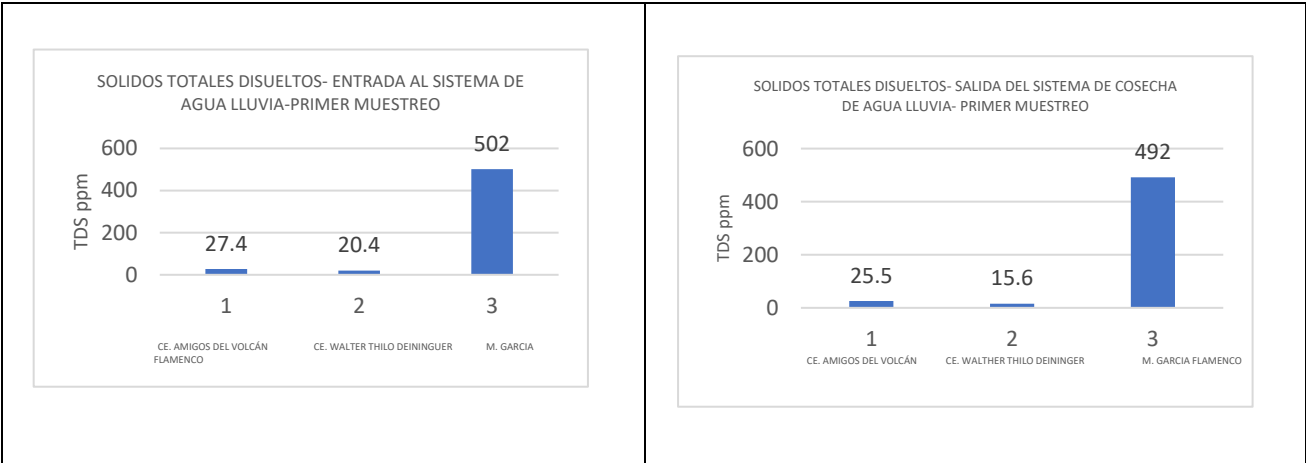
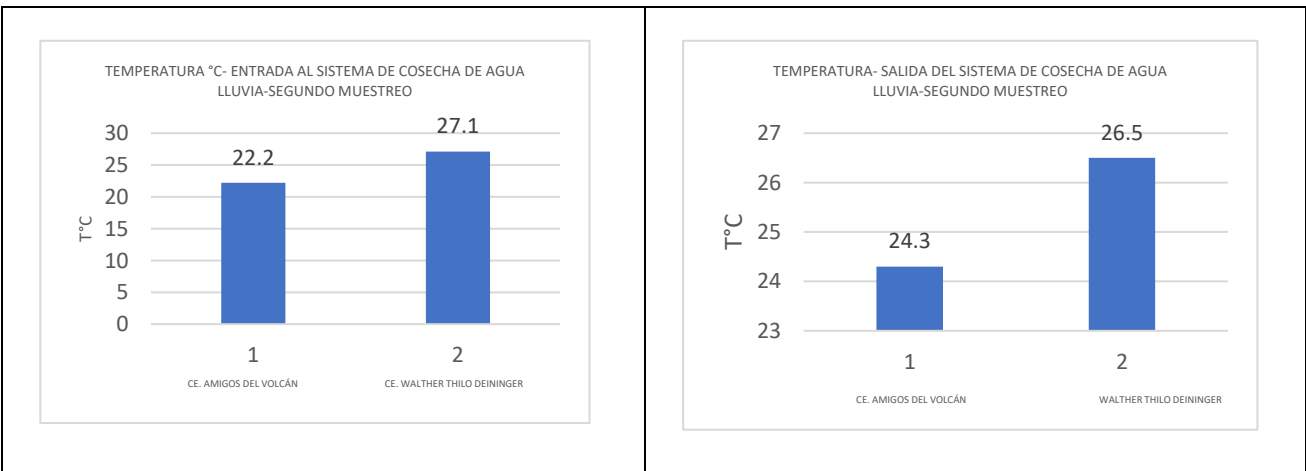
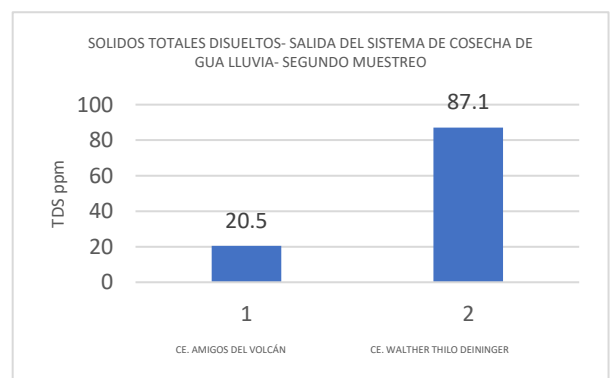
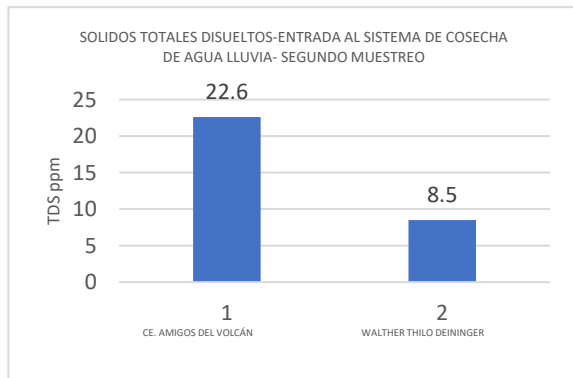
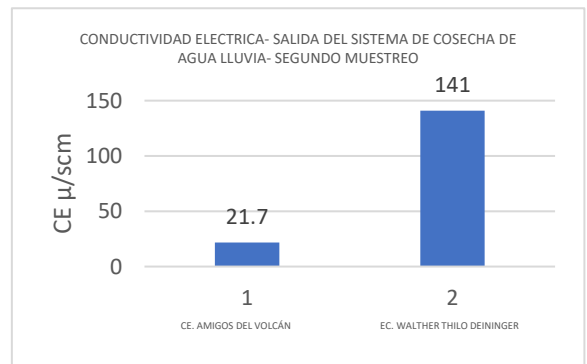
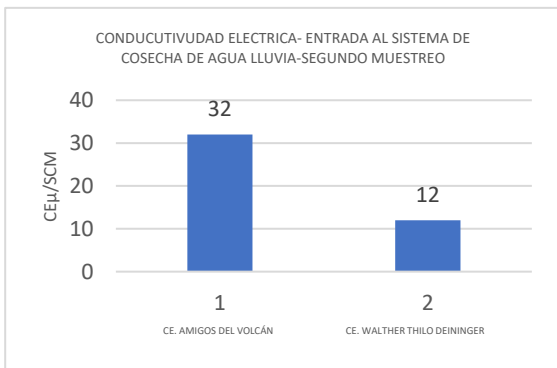
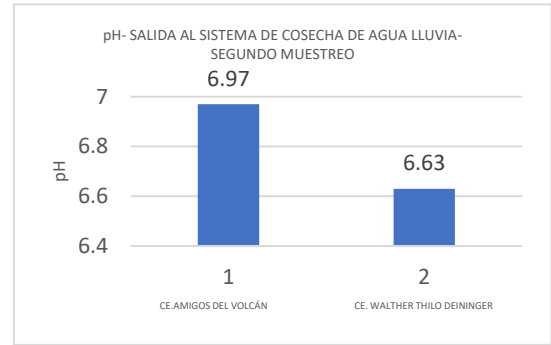
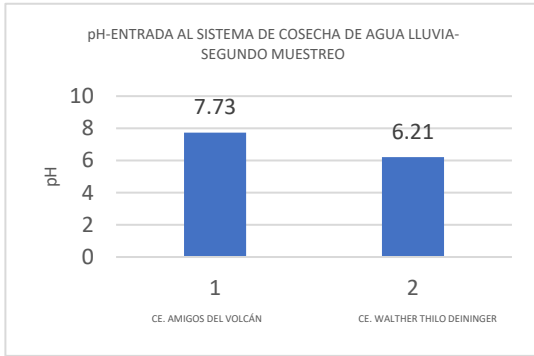


Fig.5 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias, durante el primer muestreo a los Centros Escolares.







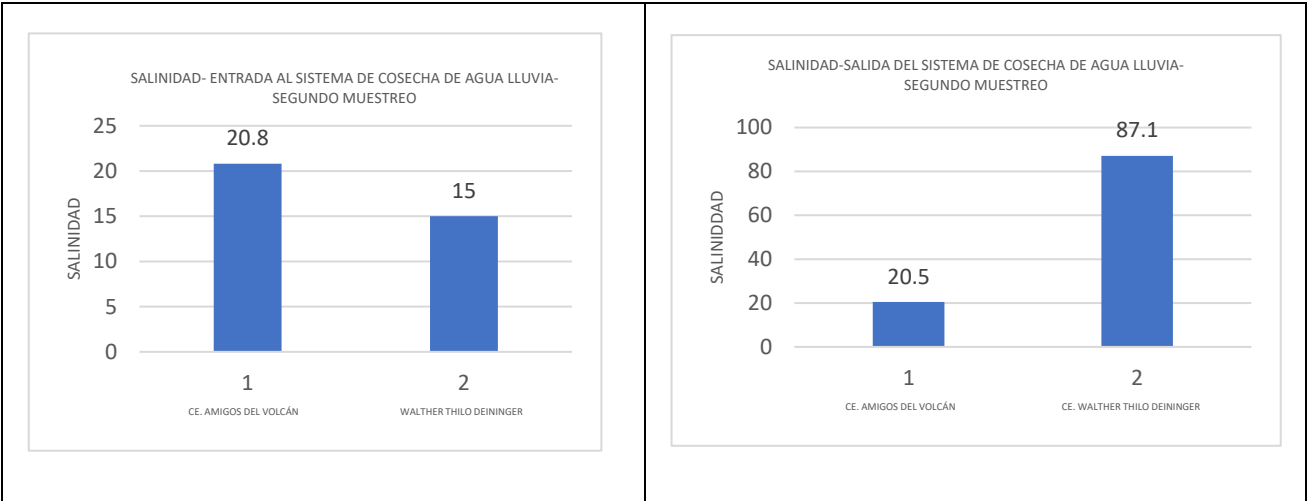


Fig.6 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias, durante el Segundo muestreo a los Centros Escolares.

## **Conclusiones.**

- Los parámetros físicos químicos, tomados en campo de Temperatura °C, pH Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Salinidad han sido comparados con el RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano, encontrándose dentro de los parámetros establecidos.
- Los resultados de pH y Solidos Sedimentales muestran datos dentro de los límites permisibles tanto a la entrada como salida del sistema de Biojardinera.
- El parámetro de Aceites y Grasas se encontró dentro de los límites permitidos, a la salida de la biojardinera del Centro Escolar Amigos del Volcán
- Con los parámetros obtenidos concluimos que el agua producto de la captación de agua lluvia y biojardinera, puede ser utilizada para los siguientes usos: riego de jardines, uso de baños, lavado de trapeadores y otros usos domiciliarios.
- Mínimo empoderamiento de los encargados de los centros escolares sobre la importancia de los sistemas de cosecha de agua lluvia.
- Los sistemas de captación de agua lluvia no siempre son utilizados con el objetivo de cosechar agua lluvia, en época lluviosa se encontraron con agua potable, esto genero hacer más visitas de lo proyectado con el fin de obtener el muestreo de agua lluvia.

## **Recomendaciones.**

- Es aconsejable no almacenar agua de las primeras precipitaciones, para evitar la lluvia acida y la suciedad del techo.
- Limpiar los canales y los tanques de captación de agua antes de la época lluviosa y colocar una especie de filtro (malla) en el canal para evitar el ingreso de material solido al tanque.
- Dar el mantenimiento adecuado al sistema de bombeo y asignar a una persona responsable del uso y manejo del sistema de cosecha de agua lluvia.
- Evitar combinar el agua lluvia con el agua potable dentro del tanque recolector para evitar la descomposición del agua.
- Dar a conocer a los alumnos la importancia de la captación de agua lluvia y su reutilización.
- Garantizar un adecuado mantenimiento y uso de la biojardinera para evitar la proliferación de mosquitos y la perdida de las especies vegetales que conforman los sistemas de aguas grises.

## **Nuevas experiencias:**

1. Se adquirieron nuevas competencias, podemos mencionar el Manejo y uso del equipo, como es la sonda multiparámetros, que sirve para la toma de parámetros fisicoquímicos In situ.

## **Como limitantes podemos mencionar:**

1. El incumplimiento de las indicaciones técnicas en el uso adecuado de la cosecha de agua lluvia, casi siempre había agua potable en los tanques y nos generaba hacer hasta tres visitas al mismo centro escolar, así mismo nos generaba más costo y tiempo en realizar dicha actividad.
2. Hubo dos centros Escolares y una iglesia de la comunidad San Isidro donde no fue posible trabajar debido a que uno de ellos estaba en reconstrucción y el otro se nos reportó que no lo usan por falta de un accesorio del sistema de bombeo, nunca se logró encontrar a la persona encargada de las llaves del sistema de agua.

No obstante, ya se había cumplido el tiempo requerido del servicio social.

## **Bibliografía.**

Ibarra, A.M., Ulises, J.J y Francisco, J.R. Propuesta Básicas Para Elaborar una Política Nacional Hídrica Disponible en:

<https://www.unes.org.sv/wp-content/uploads/2017/01/Propuestas-politica-nacional-hidrica.pdf>

Agua. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de Lodos Residuales. Disponible en:

[https://static1.squarespace.com/static/61aa0c6042712531d32cace0/t/61ae3aa96436b46e69ec81ba/1638808238021/18\\_6511\\_00\\_s.pdf](https://static1.squarespace.com/static/61aa0c6042712531d32cace0/t/61ae3aa96436b46e69ec81ba/1638808238021/18_6511_00_s.pdf)

Romero, R., ANDRADE, S., Mora, R., 2013, Calidad de agua lluvia  
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/2275/Calidad%20de%20agua%20lluvia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad. Disponible en:  
[http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/rts\\_calidad\\_e\\_inocuidad\\_del\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano\\_v1.pdf](http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/rts_calidad_e_inocuidad_del_agua_para_consumo_humano_v1.pdf)