

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación Continua



Reporte de Horas Sociales  
“Determinación de la Calidad de Agua mediante parámetros físico  
químicos de cosecha de aguas lluvias y sistemas de aguas grises, en la  
microcuenca Arenal de Monserrat, San Salvador”

Presentado Por:

Licenciada Silvia Mercedes Nájera Abarca.

Asesora:

Dra. Marcia Lizeth Barrera de Calderón.

Maestría en Ciencias en Gestión Integral del Agua

San Salvador, abril 2024

## **I. Introducción**

El agua lluvia es un componente que forma parte del ciclo hidrológico y alimenta la escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea. Los sistemas de captación de agua lluvia interceptan el fluido antes de continuar en el ciclo natural para su aprovechamiento en múltiples usos. El empleo de este tipo de sistemas se caracteriza por la recolección, concentración y almacenamiento del agua que corre por una superficie natural o artificial hecha por el hombre (Romero *et al*, 2013).

El estudio de comprendió un total de 03 puntos de control ubicados en Centros Escolares de los municipios La Libertad Sur y Este, en los que se analizaron 10 muestras de agua lluvia a la entrada y salida del sistema y 2 muestras del sistema de agua grises (Biojardineras).

Para aprovechar el agua lluvia como fuente alterna de riego, limpieza o incluso consumo humano es necesario conocer su calidad. A continuación, se presentan resultados de evaluación de calidad del agua lluvia, medida por su Color Aparente, N-Nitratos, Sólidos Totales Disueltos, Turbidez y pH.; Así mismo se analizó el agua proveniente de los sistemas de aguas grises de biojardineras esto apegado a los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.05.01:18 de aguas residuales de tipo ordinario para vertido a un medio receptor.

Se encontró que todos los parámetros de calidad del agua lluvia analizados cumplen con el RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad, con excepción de Color Aparente para dos de las muestras colectadas.

El análisis de agua de las Biojardineras para los parámetros físico-químicos y microbiológicos como son la Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y grasas, y pH, a la entrada del sistema se encuentran fuera de las especificaciones mencionadas en la RTS 13.05.01:18 de aguas residuales, el análisis de agua a la salida del sistema de Biojardineras, ya los parámetros salieron dentro de lo permitido por el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS), con la excepción de dos muestras cuyos resultados de aceites y grasas están arriba del límite permitido.

## II. Metodología

### COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA Y AGUAS GRISES BIOJARDINERAS

Las muestras recolectadas para la determinación de la Calidad de Agua mediante parámetros físico químicos de cosecha de aguas lluvias y sistemas de aguas grises, se llevó a cabo en Centros Escolares Ubicados en Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán, del departamento de La Libertad. (fig. 1 Mapa de los puntos de muestreo). En los cuales FUNDASAL, ha realizado la instalación de tanques de captación de agua lluvia con su respectiva bomba y un filtro, de esta manera se logró obtener dos muestras una a la entrada del sistema, es decir agua lluvia almacenada en el tanque y otra a la salida del sistema del chorro con filtro. (fig. 2 elementos que componen el sistema de captación de agua lluvia).

### PUNTOS DE MUESTREO

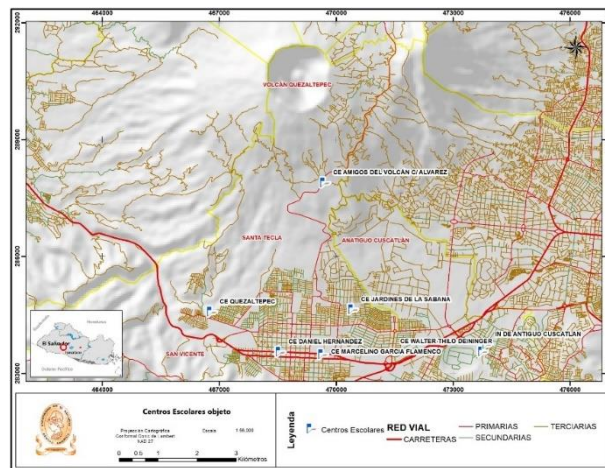


Fig.1 Mapa de los Puntos de muestreo



**SISTEMA DE CAPTACION AGUA LLUVIA**

- C.E DANIEL HERNANDEZ
- C.E JARDINES DE LA SABANA
- C.E COLONIA QUEZALTEPEC



**SISTEMA DE AGUAS GRISES BIOJARDINERAS**

- C.E JARDINES DE LA SABANA



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

El agua de las biojardineras es producto de lavado de trastes, trapeadores y otros, están compuestos por una trampa atrapa de grasas un vivero conteniendo plantas como: croto tornillo, lengua de suegra, plumero, bambu hijau, y lirio de barco (fig. 3 elementos que componen el sistema de aguas grises biojardineras).



Fig. 3 Elementos de sistema de captación de agua lluvia en centros Escolares. Tanque de 10,00 litros, bomba y grifo con su respectivo filtro.

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

En campo con la utilización de una sonda multiparámetros, previamente calibrada se realizó la toma de parámetros físicos y químicos a la entrada y salida de cada sistema muestreado de agua lluvia y gris, (Fig. 4 Datos tomados en campo de Sistema de Biojardineras y Sistema de Captación de Agua lluvia), tales como la Temperatura °C, pH, Conductividad Eléctrica y Solidos Totales Disueltos, dando como resultado los siguientes datos:

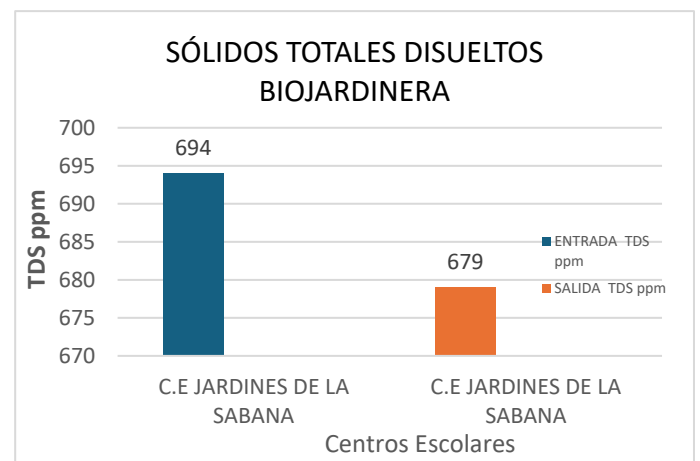
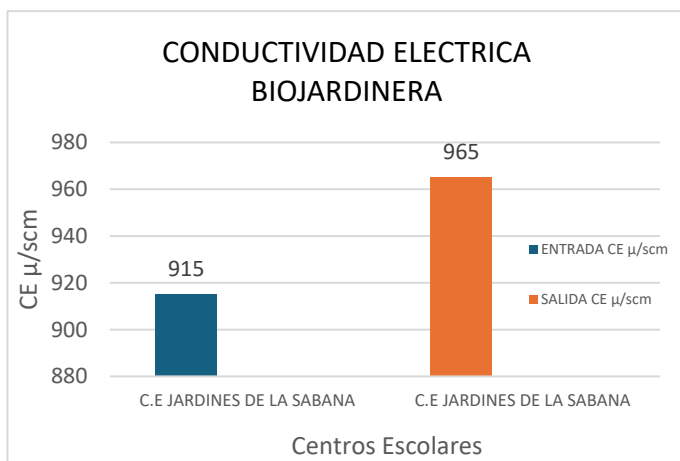
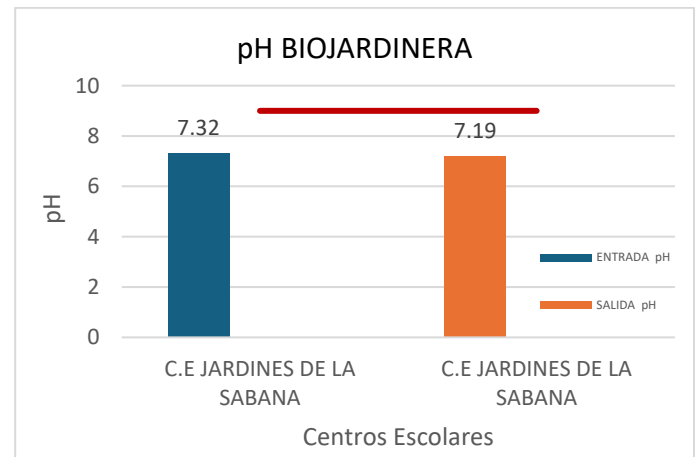
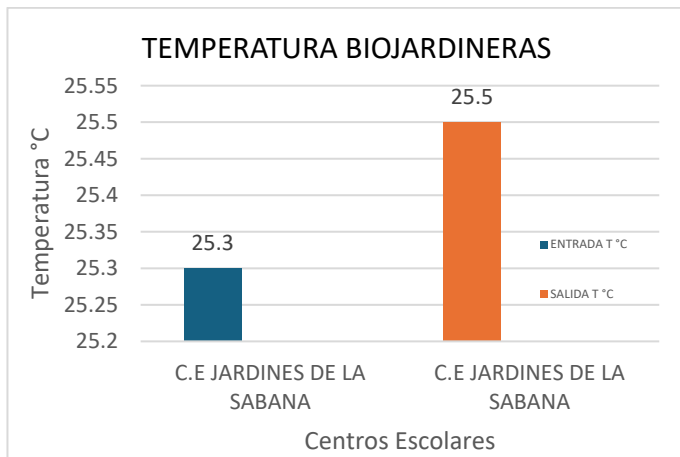


Fig.4 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo en entrada y salida de las biojardinera.

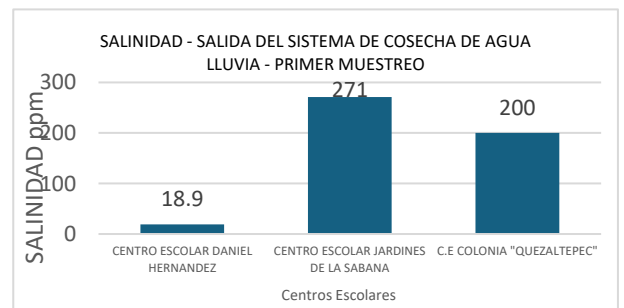
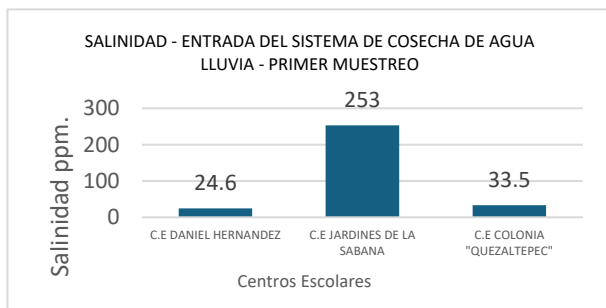
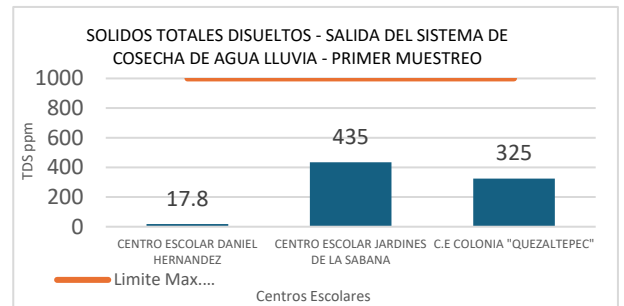
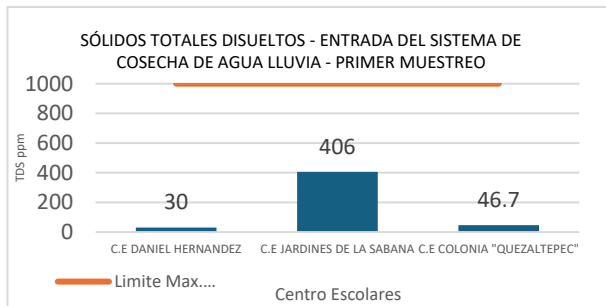
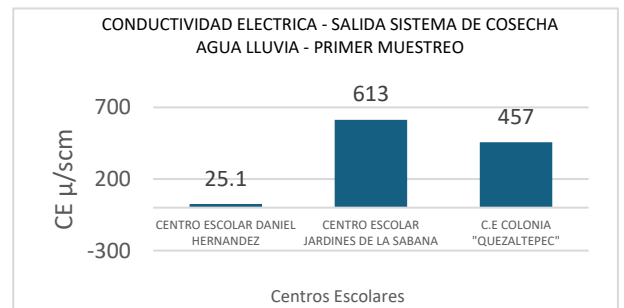
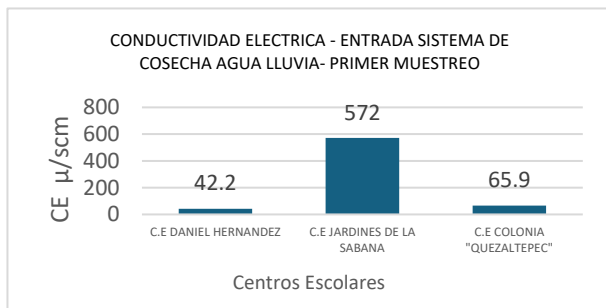
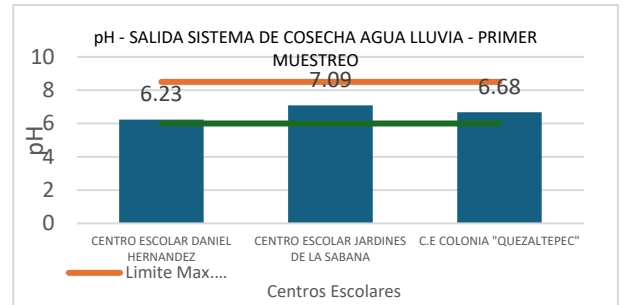
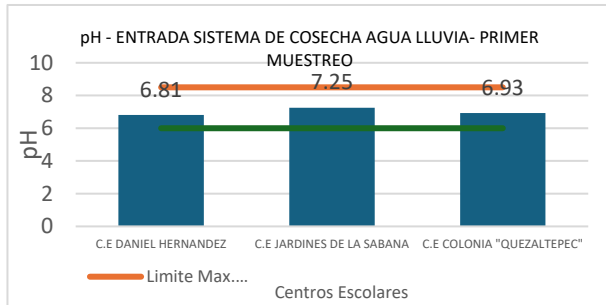
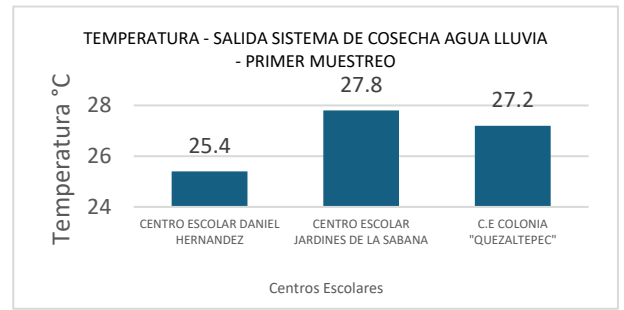
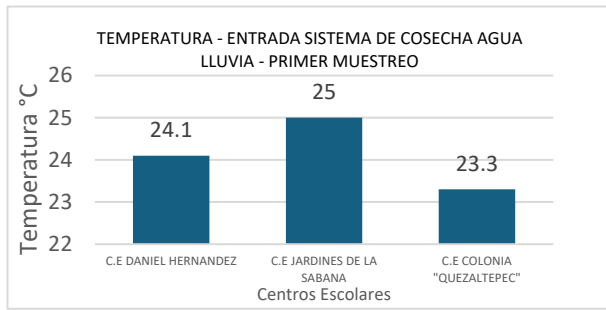


Fig.5 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias, durante el primer muestreo a los Centros Escolares.

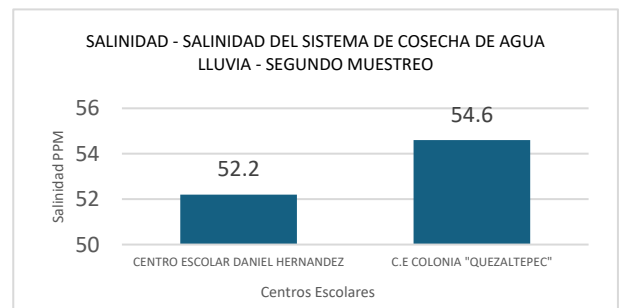
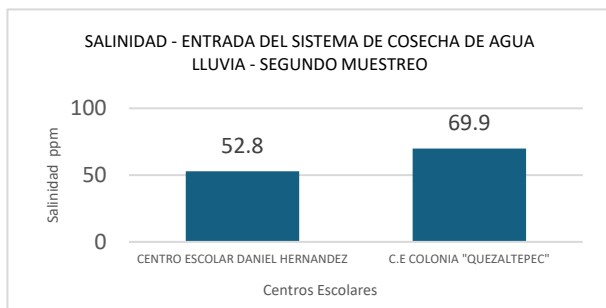
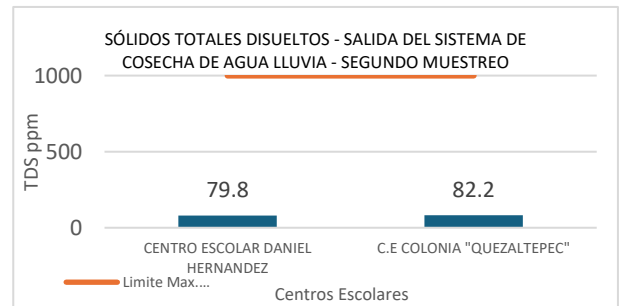
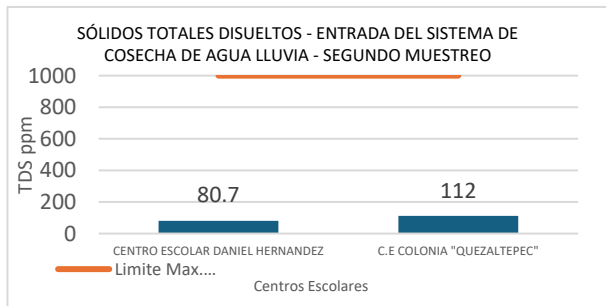
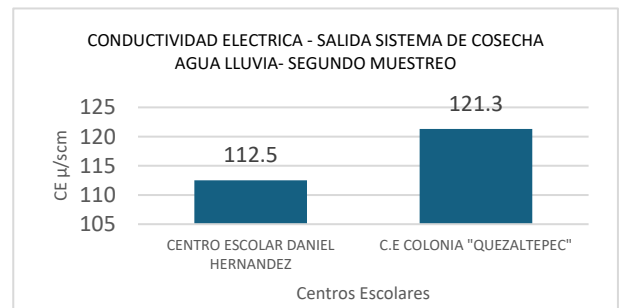
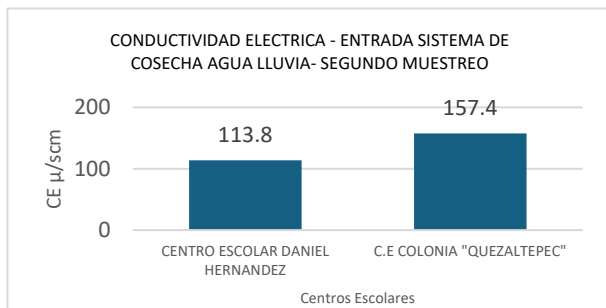
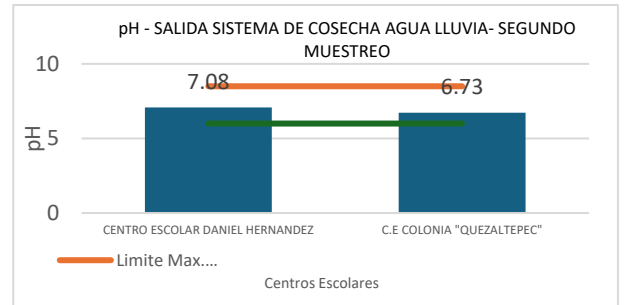
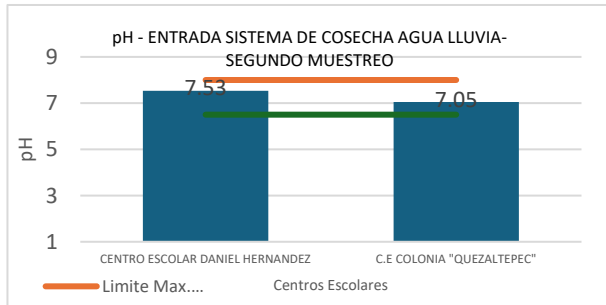
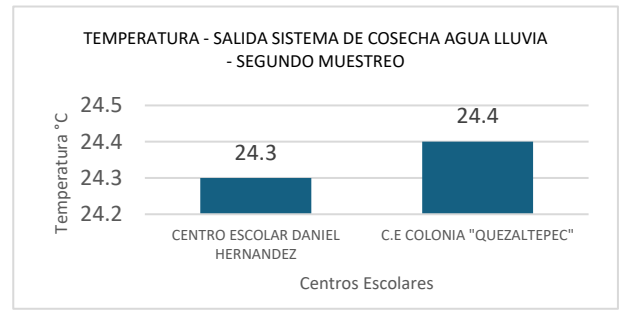
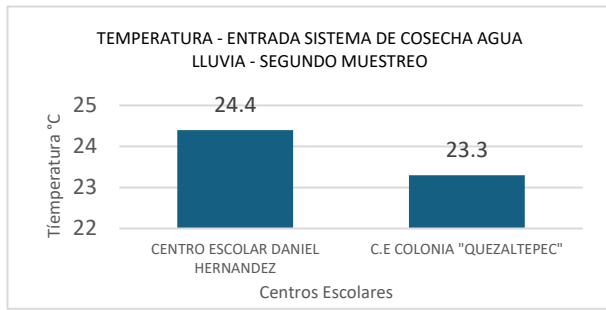


Fig.6 Parámetros Físicos químicos, tomados en campo a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias, durante el Segundo muestreo a los Centros Escolares.

## Resultados Obtenidos en Laboratorio

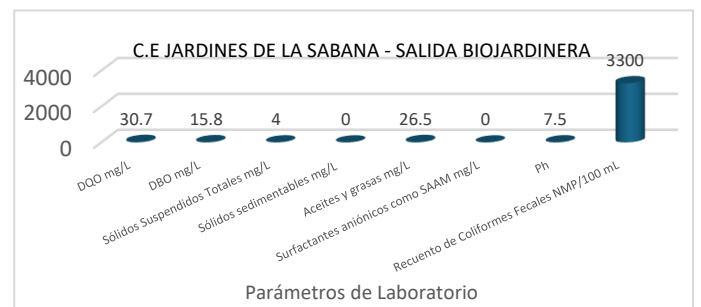
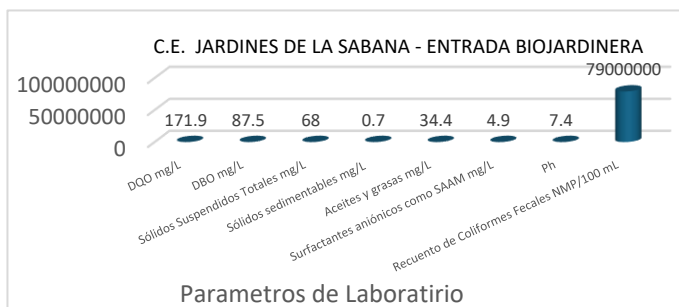
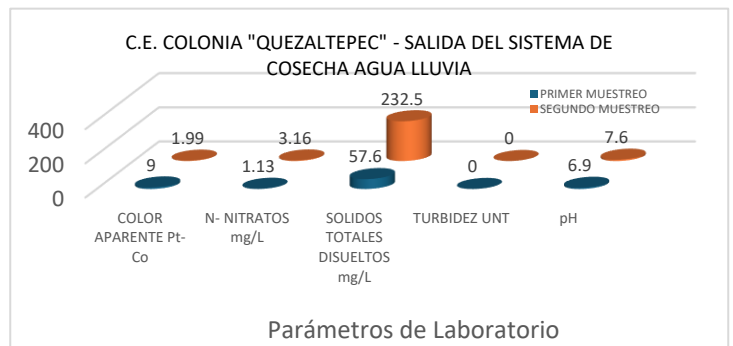
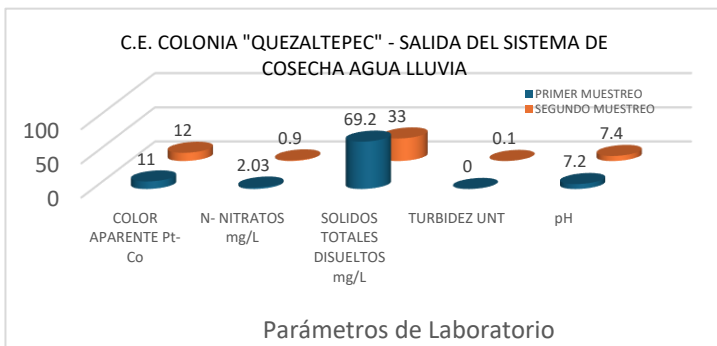
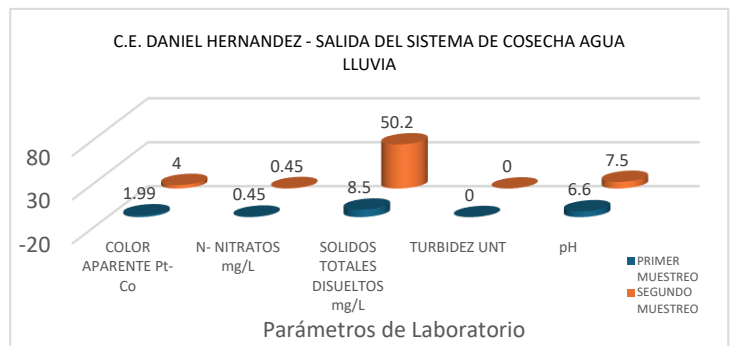
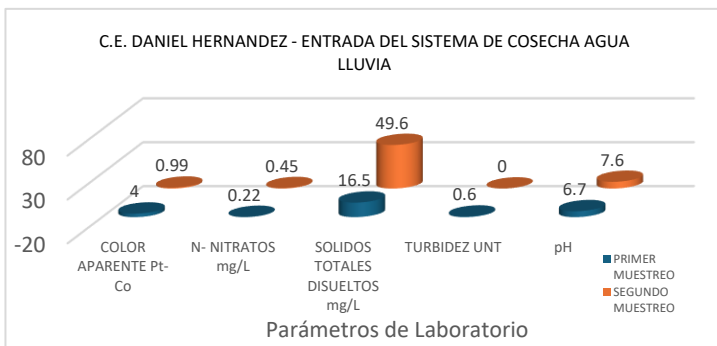
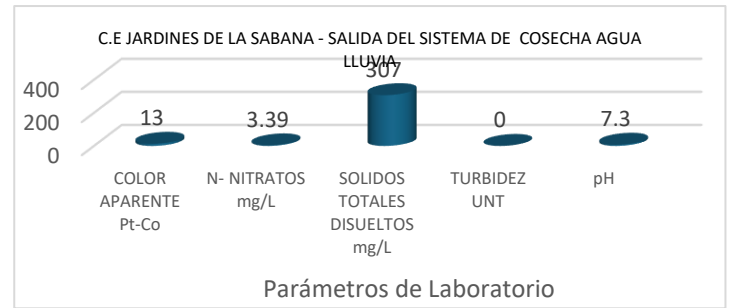
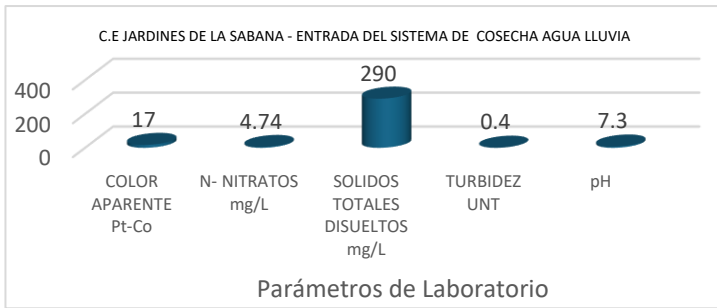


Fig.8 Parámetros Físicos químicos, de laboratorio a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias y biojardineras por Centros Escolares analizado.



### III. Resumen de las Actividades Realizadas

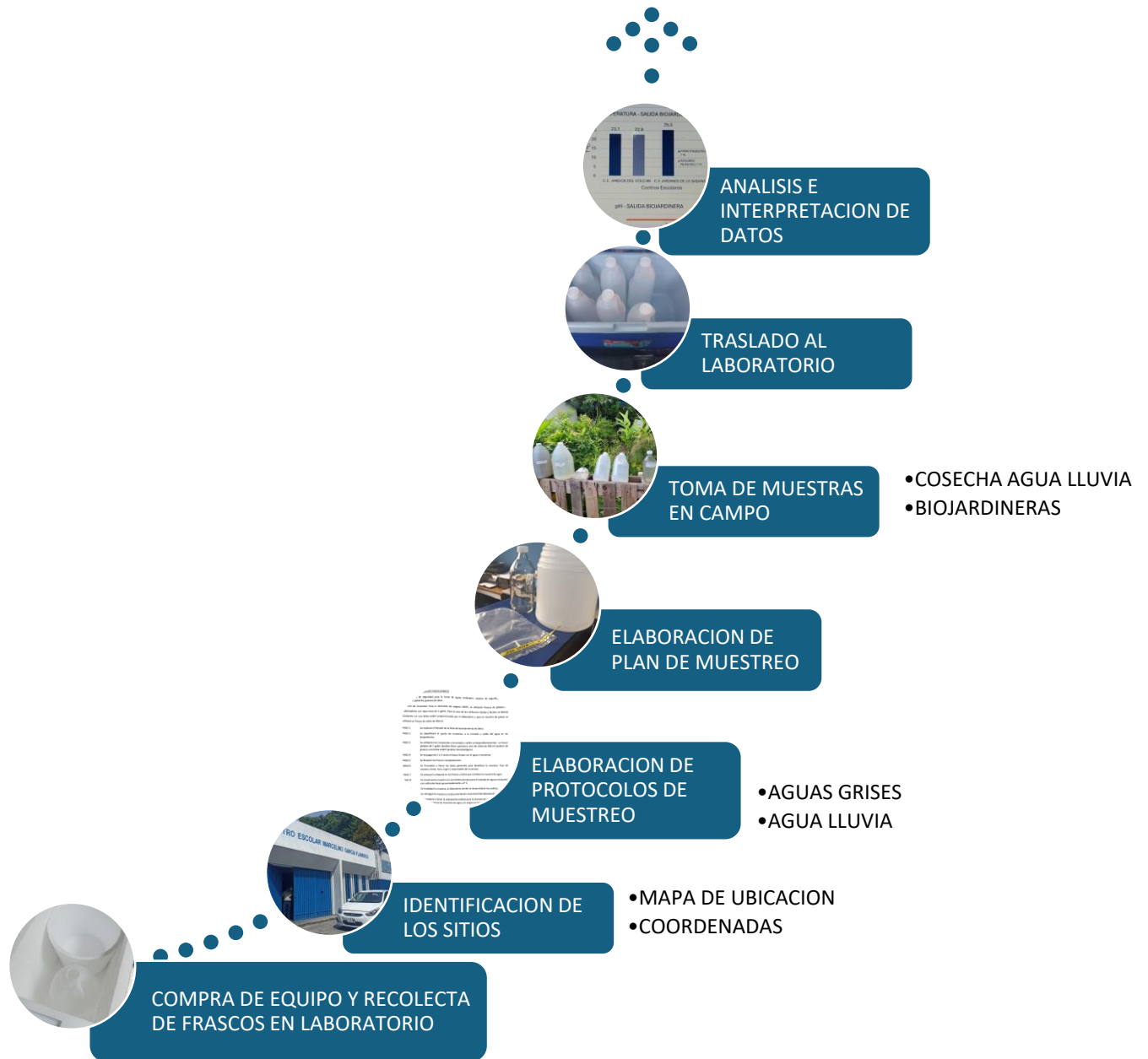


Fig.9 Resumen de las Actividades Programadas para la recolección y transporte de las muestras de agua a la entrada y salida del sistema de cosecha de aguas lluvias y grises colectadas en la época lluviosa del año 2023.

#### IV. Resultados de la experiencia

El proyecto incluye otros centros Escolares del Departamento de la Libertad donde están instalados sistemas de captación de agua lluvia sin embargo no se logró tomar la muestra por inconvenientes que a continuación se exponen.



##### **Parvularia de Antiguo Cuscatlán:**

- En este centro se realizaron dos visitas y se contacto a la directora del centro escolar, Lic. **Lourdes Beltrán** haciendo un recorrido por todo el sistema hidráulico, manifestó que las tuberías no tenían pendiente adecuada para llenar los tanques de agua lluvia.



##### **Centro Escolar José Damián Villacorta:**

- se visitó en dos ocasiones a la señora directora lic. **Isabel portillo**, quien manifestó que no se usa el tanque de agua lluvia por falta de un accesorio de plástico para activar el sistema de bombeo.



##### **Iglesia de la comunidad San Isidro:**

- Previa coordinación con el sr. **José Salvador Ramírez**, encargado del acceso de la iglesia, se realizó la presentación, pero nos dijo que no tenía la llave de la cisterna ni de los lavaderos en los que se obtenía el agua filtrada proporcionó un contacto de la persona encargada de la llave, pero no se encontró físicamente ni atendió las llamadas de teléfono.

## V. 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.
- Al realizar una comparación de los datos obtenidos de las aguas grises provenientes de biojardineras analizadas en el laboratorio con los límites permisibles del RTS 13.05.01:18 de aguas residuales, para la DQO, DBO, Sólidos Suspendedos Totales; en la muestra de entrada de agua al sistema llámese trampa de grasa los datos obtenidos están fuera del límite permisible. Sin embargo, las salidas para este parámetro ya se encuentran el dato aceptable.
- Los resultados de pH y Sólidos Sedimentales muestran datos dentro de los límites permisibles tanto a la entrada como salida del sistema de biojardineras.
- 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 biojardineras, puede ser utilizada para riego de jardines, uso de baños, lavado de trapeadores y otros usos domiciliarios.
- Existe un Mínimo empoderamiento 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 mas visitas de lo proyectado con el fin de obtener el muestreo de agua lluvia.

## **VI. 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 reuso.
- Garantizar un adecuado mantenimiento y uso de la biojardinera para evitar la proliferación de mosquitos y la pérdida de las especies vegetales que conforman los sistemas de aguas grises.

## **VII. Aprendizaje, Limitaciones y Sugerencias**

- La instalación de los sistemas de captación de agua lluvia y la construcción de las biojardineras; son aprovechados al máximo en zonas rurales donde no existe suministro de agua potable y ven la captación de lluvia y el reúso de las aguas grises con excelente aceptación y trabajan para mantener el cuidado y funcionamiento de los sistemas, beneficiando a los alumnos y evitando realizar gastos significativos en la compra de pipas con agua.
- En los centros escolares donde se cuenta con agua potable no existe la educación ambiental correspondiente, no hay un compromiso ni la persona capacitada en la importancia que tienen los sistemas de captación de agua lluvia.
- Poner en marcha un proyecto conlleva la participación activa de ambas partes los ejecutores y los beneficiados, no se trata solo de instalar y dejar perder la inversión realizada; para que sea exitoso se debe capacitar constantemente e involucrar a varias personas incluyendo al director de los Centros Escolares, mantenimientos, limpiezas fallos en los equipos deben ser respaldados económicamente por los ejecutores del proyecto.

- Capacitar e incluir a los jóvenes en proyectos de captación de agua explicando la importancia que esto tiene genera una idea para ser implementada desde sus hogares con el fin de aprovechar el escaso recurso hídrico.

### **VIII. Referencias Bibliográficas**

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

### **IX. Visto bueno de los tutores**

---

NOMBRE Y FIRMA DEL DOCENTE TUTOR

**SELLO**

### **X. Anexo**

**RESULTADOS DE FISICO QUIMICOS TOMADOS EN CAMPO DE LAS MUESTRAS DE AGUA LLUVIA Y DE BIOJARDINERAS EN CENTROS ESCOLARES DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD , EL SALVADOR**

N°	CENTRO ESCOLAR	TIPO DE SISTEMA	UBICACIÓN	DIA	HORA	T °C	pH	CE µ/scm	TDS ppm	SALINIDAD ppm	OXIGENO DISUELTTO
1	CENTRO ESCOLAR DANIEL HERNANDEZ	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	29/6/2023	02:42	24.1	6.81	42.2	30	24.6	
			SALIDA	18/7/2023	12:10	25.4	6.23	25.1	17.8	18.9	
			ENTRADA	26/10/2023	13:10	24.4	7.53	113.8	80.7	52.8	
			SALIDA	26/10/2023	13:25	24.3	7.08	112.5	79.8	52.2	
2	CENTRO ESCOLAR AMIGOS DEL VOLCAN	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	29/6/2023	10:21	21.8	7.06	38.6	27.4	22.6	
			SALIDA		10:53	22.8	6.99	35.9	25.5	21.9	
			ENTRADA	14/11/2023	10:52	22.6	7.73	32	22.6	20.8	
			SALIDA		11:03	24.3	6.97	30.6	21.7	20.5	
		BIOJARDINERAS	ENTRADA	26/6/2023	10:57	23.2	6.46	1318	939	589	0.41 mg/L 5.9%
			SALIDA		11:04	23.1	7.13	235	169	103	3.41 mg/L 47.1% 3.51ppm
			ENTRADA	14/11/2023	10:07	22.5	5.16	1,008	713	439	
			SALIDA		10:24	22.8	6.58	418	281	169	
3	CENTRO ESCOLAR WALTER THILO DEININGER	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	18/7/2023	10:19	26.3	6.24	28.7	20.4	20.3	
			SALIDA	26/10/2023	14:25	26.4	6.34	23.7	15.6	18	
			ENTRADA	11/10/2023	14:06	27.1	6.21	12	8.5	15	
			SALIDA		14:45	26.5	6.63	198.2	141	87.1	
4	MARCELINO GARCIA FLAMENCO	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	15/6/2023	12:50	25.7	7.58	702	502	317	5.25 mg/ L 55.3%
			SALIDA		13:10	26.6	7.4	694	492	308	5.96 mg/L 86.1%
5	CENTRO ESCOLAR JARDINES DE LA SABANA	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	15/6/2023	11:30	25	7.25	572	406	253	
			SALIDA		11:10	27.8	7.09	613	435	271	
		BIOJARDINERAS	ENTRADA	15/6/2023	10:55	25.3	7.32	917	694	438	0.62mg/l 0.50%
			SALIDA		10:40	25.5	7.19	956	679	429	0.54mg/l 6.7%
6	C.E COLONIA "QUEZALTEPEC"	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	26/10/2023	10:59	23.3	6.93	65.9	46.7	33.5	
			SALIDA		12:00	27.2	6.68	457	325	200	
			ENTRADA	11/10/2023	10:08	23.3	7.05	157.4	112	69.9	
			SALIDA		11:43	24.4	6.73	121.3	82.2	54.6	
7	INSTITUTO NACIONAL DE ANTIGUO CUSCATLAN	SISTEMA DE COSECHA DE AGUA LLUVIA	ENTRADA	11/10/2023	13:48	31.2	6.74	9.7	6.8	15.6	NO FUNCIONA LA BOMBA

**RESULTADOS DE FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA LLUVIA Y DE  
BIOJARDINERAS EN CENTROS ESCOLARES DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR**

CENTROS ESCOLARES		DETERMINACION	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS	UNIDADES	FECHA	
C.E JARDINES DE LA SABANA	ENTRADA	COLOR APARENTE	<=15	17	Pt-Co	15/6/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	4.74	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	290	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0.4	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	7.3	No Aplica		
	SALIDA	COLOR APARENTE	<=15	13	Pt-Co	15/6/2023	
		N- NITRATOS	NO DISPONIBLE	3.39	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	307	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	7.3	No Aplica		
	<b>BIOJARDINERA</b>						
	ENTRADA	Demanda Química de Oxígeno *	<=150	171.9	mg/L	15/6/2023	
		Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días *	<=60	87.5	mg/L		
		Sólidos Suspendidos Totales*	<=60	68	mg/L		
		Sólidos sedimentables *	<=1	0.7	mL/L		
		Aceites y grasas *	<=20	34.4	mg/L		
		Surfactantes aniónicos como SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) *	Reportar	4.9	mg/L		
		pH *	Min: 6.0 Max: 9.0	7.4	No Aplica		
		Recuento de Coliformes Fecales *	Reportar	79000000	NMP/100 mL		
SALIDA	Demanda Química de Oxígeno *	<=150	30.7	mg/L	15/6/2023		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días *	<=60	15.8	mg/L			
	Sólidos Suspendidos Totales*	<=60	4	mg/L			

		Sólidos sedimentables *	<=1	<0.1	mL/L		
		Aceites y grasas *	<=20	26.5	mg/L		
		Surfactantes aniónicos como SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) *	Reportar	<0.5	mg/L		
		pH *	Min: 6.0 Max: 9.0	7.5	No Aplica		
		Recuento de Coliformes Fecales *	Reportar	3300	NMP/100 mL		
C.E DANIEL HERNANDEZ	ENTRADA	COLOR APARENTE	<=15	4	Pt-Co	29/6/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	<0.23	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	16.5	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0.6	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	6.7	No Aplica		
	SALIDA	COLOR APARENTE	<=15	<2	Pt-Co	18/7/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	0.45	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	8.5	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	6.6	No Aplica		
	ENTRADA	COLOR APARENTE	<=15	<2	Pt-Co	26/10/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	0.45	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	49.6	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	7.6	No Aplica		
	SALIDA	COLOR APARENTE	<=15	4	Pt-Co	26/10/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	0.45	mg/L		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS		<=1000	50.2	mg/L			
TURBIDEZ		<=5	0	UNT			
pH		Min: 6.0 Max: 8.5	7.5	No Aplica			
C.E COLONIA "QUEZALTEPEC"	ENTRADA	COLOR APARENTE	<=15	11	Pt-Co	11/10/2023	
		N- NITRATOS	No Disponible	2.03	mg/L		
		SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	69.2	mg/L		
		TURBIDEZ	<=5	0	UNT		
		pH	Min: 6.0 Max: 8.5	7.2	No Aplica		



<b>SALIDA</b>	COLOR APARENTE	<=15	<b>9</b>	Pt-Co	<b>11/10/2023</b>
	N- NITRATOS	No Disponible	<b>1.13</b>	mg/L	
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	<b>57.6</b>	mg/L	
	TURBIDEZ	<=5	<b>0</b>	UNT	
	pH	Min: 6.0 Max: 8.5	<b>6.9</b>	No Aplica	
<b>ENTRADA</b>	COLOR APARENTE	<=15	<b>12</b>	Pt-Co	<b>26/10/2023</b>
	N- NITRATOS	No Disponible	<b>0.9</b>	mg/L	
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	<b>33</b>	mg/L	
	TURBIDEZ	<=5	<b>0.1</b>	UNT	
	pH	Min: 6.0 Max: 8.5	<b>7.4</b>	No Aplica	
<b>SALIDA</b>	COLOR APARENTE	<=15	<b>&lt;2</b>	Pt-Co	<b>26/10/2023</b>
	N- NITRATOS	No Disponible	<b>3.16</b>	mg/L	
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<=1000	<b>232.5</b>	mg/L	
	TURBIDEZ	<=5	<b>0</b>	UNT	
	pH	Min: 6.0 Max: 8.5	<b>7.6</b>	No Aplica	