

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



TESINA:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA LLUVIA COSECHADA EN
SUPERFICIES DE TECHO Y SU USO POTENCIAL EN SISTEMAS
AGROECOLÓGICOS EN LA FINCA FLOR DE LIS, SANTA ANA.**

POR:

MARIELLA RENEÉ BURGOS BONILLA

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA, 2023.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE**



TESINA:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA LLUVIA COSECHADA EN
SUPERFICIES DE TECHO Y SU USO POTENCIAL EN SISTEMAS
AGROECOLÓGICOS EN LA FINCA FLOR DE LIS, SANTA ANA.**

POR:

MARIELLA RENEÉ BURGOS BONILLA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMO**

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA, 2023.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO

ING. AGR. MSc. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE.**

ING. AGR. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

DOCENTE ASESOR

ING. AGR. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. AGR. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASCENCIO

ING. AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

ING. MSc. PhD. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

ING. AGR. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

Esta investigación fue realizada al finalizar el curso de especialización de “gestión integral de sistemas productivos agroecológicos” bajo la dirección del comité de investigación indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el Título de:

Ingeniera Agrónomo

Comité de Tesina

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio
Tutor de Tesina

Ing. Agr. MSc. José Mauricio Tejada Asensio
Jefe Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Ing. Agr. MSc. Nelson Bernabé Granados Alvarado
Coordinador de Procesos de Graduación
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente

DEDICATORIA

Esta tesina se la dedico en primer lugar a Dios todo poderoso que por su gran amor y misericordia he podido llegar a este punto de mi vida, a mi padre Salvador Antonio Burgos Pérez que desde el cielo está acompañándome, a mi madre María Santos Bonilla de Burgos por estar presente a lo largo de la carrera, a mi hermana Alejandra María Burgos Bonilla por su apoyo incondicional y a mi sobrina Alexa René Canizalez Burgos por ser mi mayor motivación para esforzarme cada día.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por la oportunidad de llegar a este momento, por darme la fuerza para superar los obstáculos y dificultades que se me presentaron, por darme la sabiduría para salir adelante cada día durante toda la carrera y por siempre estar presente en mi vida.

A mis padres Salvador Antonio Burgos Pérez y María Santos Bonilla de Burgos por ser el pilar más importante de mi vida para seguir adelante quienes con su amor, esfuerzo y paciencia me permitieron poder llegar a cumplir esta meta.

A mi hermana Alejandra María Burgos Bonilla por su apoyo incondicional, por su esfuerzo y ayuda para que yo pudiera culminar mi carrera, a mi sobrina Alexa Reneé Canizalez Burgos gracias por llegar a darle felicidad a mi vida y convertirte en mi mayor motor.

A mi querida Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas y el Departamento de Recursos Naturales por contribuir a mi formación académica y permitirme culminar mi carrera.

A mi Asesor de tesina Ing. Agr. José Mauricio Tejada Asencio gracias por su tiempo, esfuerzo y por haberme guiado en este proyecto. Al Ing. Agr. Rodd Alberto Franco Portillo gracias por su disposición y ayuda.

A Amílcar Alvarado propietario de la finca Flor de Lis por abrirnos las puertas de su finca y permitirnos realizar nuestros proyectos.

A mi familia y amigos por su ayuda y palabras de apoyo durante toda la carrera.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo General	3
3.2 Objetivos específicos	3
IV. ESTADO DEL ARTE.....	4
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
5.1 Cambio climático.....	7
5.2 Importancia del agua.....	7
5.3 Cosecha de agua.	8
5.4 Según la secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural México (2016).....	8
5.5 Cosecha de agua lluvia en el entorno rural.	9
5.6 Cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo.....	10
5.7 Ventajas y desventajas de la cosecha de agua desde estructuras de techo.....	11
5.8 Elementos que conforman el sistema de cosecha de agua.....	11
5.9 Tipo de materiales para sistemas de cosecha de agua.	13
5.10 Calidad del agua.	14
5.11 Parámetros y valores de calidad de agua.	14
5.12 Sistemas agroecológicos.....	17
5.13 Uso del agua en sistemas agroecológicos.	17
5.14 Criterio de consumo de agua.	18
VI. METODOLOGÍA.	19
6.1 Ubicación del estudio	19

6.1.1 Materiales, instrumentos y equipo de investigación.	20
6.2 Tipo de investigación.....	20
6.3 Metodología de oficina.	20
6.3.1 Elaboración del proyecto de investigación.....	20
6.4 Metodología de campo.....	20
6.4.1 Selección del lugar.....	20
6.4.2 Diseño y establecimiento del sistema de cosecha de agua lluvia.	21
6.4.3 Visitas a la Finca.....	21
6.4.4 Determinación del potencial de cosecha de agua.	21
6.4.5 Toma de parámetros con la sonda multiparamétrica.	21
6.4.6 Toma de muestras de agua para análisis Fisicoquímico y microbiológico.	22
6.5 Metodología de Laboratorio.....	22
6.5.1 Análisis microbiológico.	22
6.5.2 Análisis físico-químico.	23
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	24
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. BIBLIOGRAFIA	33
X. ANEXOS.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Precipitación mensual.....	26
Cuadro 2. Resultados de Análisis físico- químicos.....	29
Cuadro 3. Resultados de Análisis Microbiológico.....	30

índice de Gráficos

Gráfico 1. Precipitaciones mensuales Santa Ana, El Palmer.....	27
--	----

Índice de Figuras

Figura 1. Cosecha de agua desde techo.....	10
Figura 2. Partes del Sistema de captación de agua de Lluvia.....	13
Figura 3. Parámetros de agua de norma para consumo.....	15
Figura 4. Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales.....	16
Figura 5. Agua para riego sin restricciones.....	16
Figura 6. Agua para consumo de especies de producción animal.....	17
Figura 7. Requisitos del agua estándar (Demanda – Consumo).....	18
Figura 8. Localización del lugar de estudio.....	19
Figura 9. Diseño del sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo.....	25
Figura 10. Estimación de demanda de agua.....	26
Figura 11. Dimensiones de Estructura para cosecha de agua.....	27
Figura 12. Dimensionamiento de Estructuras para Cosecha de Agua (60m ²).....	28

índice de Anexos

Anexo 1. Estructura donde se estableció el Sistema de Cosecha de agua lluvia en Finca Flor de Lis, Santa Ana.....	36
Anexo 2. Unión de las partes que conforman el canal liso de PVC.....	36
Anexo 3. Colocación del Canal liso de PVC para el sistema de cosecha de agua lluvia en Finca Flor de Lis Santa	
Anexo 4. Colocación de plástico sobre el barril para evitar contaminación del agua.....	37
Anexo 5. Sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo Finca Flor de Lis, Santa Ana.....	38
Anexo 6. Toma de parámetros al agua lluvia cosechada con sonda multiparamétrica.....	38
Anexo 7. Toma de muestra de agua lluvia para análisis microbiológico.....	39
Anexo 8. Toma de muestra de agua lluvia para análisis físico químico.....	39
Anexo 9. Traslado de muestras de agua lluvia a laboratorio.....	40
Anexo 10. Presupuesto sistema de cosecha de agua lluvia.....	40
Anexo 11. Resultados del análisis microbiológico realizado en CENTA.....	41
Anexo 12. Resultados de análisis físico – químico.....	41

RESUMEN

Cada vez la demanda global de agua aumenta debido al incremento poblacional, y a esto le agregamos el cambio climático que ha venido a cambiar los patrones del clima de distintos lugares causando alteraciones en los periodos de sequía y lluvia. Sabiendo que en muchos lugares como en comunidades rurales la población no cuenta con presencia de agua potable. Por tal motivo en el presente trabajo se presenta el establecimiento de un sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo sencillo que este dentro de las posibilidades de las familias dentro de la comunidad que les permita almacenar los excesos de agua para su posterior uso diario o en periodos secos, sin que se interrumpa la producción de alimentos, también se tomaron muestras del agua cosechada y se mandaron a laboratorio donde se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos para conocer la calidad del agua y determinar la aptitud de uso. Los resultados obtenidos nos muestran que la cosecha de agua lluvia es una opción viable para la obtención de agua de calidad que puede ser utilizada para diferentes actividades como uso doméstico, agua para animales y riego de cultivos.

Palabras clave: Cambio Climático, Sequia, Lluvia, Cosecha de agua

ABSTRACT

Every time the global demand for water increases due to the population increase, and to this we add climate change that has come to change the weather patterns of different places, causing alterations in the periods of drought and rain. Knowing that in many places, such as in rural communities, the population does not have access to drinking water. For this reason, in the present work the establishment of a rainwater harvesting system from simple roof structures is presented that is within the possibilities of families within the community that allows them to store excess water for subsequent daily use. or in dry periods, without interrupting food production, samples of the harvested water were also taken and sent to the laboratory where physical, chemical and microbiological parameters were evaluated to determine the quality of the water and determine its suitability for use.

I. INTRODUCCIÓN

Cosecha y aprovechamiento del agua de lluvia es todo tipo de esfuerzo técnico, simple o complejo, surgido de la iniciativa de los agricultores o desarrollado científicamente, para aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas, de tal manera que pueda ser utilizada posteriormente, bajo condiciones de déficit de lluvias. (FAO 2013)

Siendo el agua un elemento importante para la vida y enfrentando los problemas del cambio climático causado por los seres humanos que se traducen en sequías o en periodos de lluvias prolongados, el agua está disminuyendo drásticamente siendo un recurso renovable limitado debido a esto surge la necesidad de buscar opciones que nos ayuden a obtener el recurso.

Por lo que se estableció un sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo en la Finca Flor de Lis, el cual está formado por un techo de 2 aguas y está compuesto por el área de captación siendo de 7.24 m², recolección y conducción a través de un canal liso de pvc, el bajante utilizando tubo de pvc, conexión al tanque formados por tubo de pvc, trampa de sólidos, filtro de 140 mesh, salida de agua y tanque de recolección siendo un barril con capacidad de 220 litros.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es el elemento vital para nuestro planeta dependemos de ella para consumo humano, la agricultura y la ganadería, para la sostenibilidad y supervivencia, siendo el medio principal por el que se puede percibir el cambio climático y la alteración del ciclo del agua generando consecuencias del aumento de la temperatura del planeta como también el aumento de los gases de efecto invernadero provocando un cambio en el comportamiento de las precipitaciones, convirtiéndose en un problema real en la actualidad, provocando impacto en la distribución de lluvias en el año, generando eventos extremos relacionados con largos periodos de sequías e inundación.

Muchas comunidades atraviesan periodos prolongados de sequía lo cual perjudica el aspecto doméstico, animales mayores y la agricultura siendo esta última de gran importancia ya que su economía mayormente depende de esta actividad, siendo la cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo una oportunidad para que pueda ser recolectada y tengan agua durante las épocas secas y no sea un problema para sus actividades diarias dentro de la finca.

El proyecto pretende aportar a la finca Flor de Lis ubicada en el Departamento de Santa Ana una alternativa como lo es la cosecha de agua lluvia desde la superficie de techo como una apuesta para responder a la falta de agua y el aprovechamiento de la lluvia, para que puedan tener acceso al agua para sus diferentes actividades dentro de la finca tanto para uso doméstico, animal y para cultivos. Tomando en cuenta de manera muy importante la realización de los análisis correspondientes del agua cosechada dentro de los cuales se encuentran análisis físico-químicos y biológicos para conocer todos los parámetros y calidad de dicha agua cosechada desde la superficie de techo.

Con la implementación del proyecto se pretende establecer un sistema de cosecha de agua lluvia desde la superficie de techo y realizar los análisis del agua con la finalidad de aprovechar el recurso, sirviendo inicialmente a la finca Flor de Lis y también generando nueva tecnologías e información para otras comunidades o familias permitiéndoles implementar el sistema para que puedan coleccionar el agua durante la lluvia para que sea utilizada en la época seca.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar la calidad física, química y microbiológica del agua lluvia mediante el establecimiento de un sistema de cosecha en superficies de techo y su uso potencial en sistemas agroecológicos en la finca Flor de Lis, Santa Ana.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer un sistema de cosecha de agua lluvia como recurso aprovechado en la zona rural.
- Evaluar la calidad del agua como PH, oxígeno disuelto, Sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, temperatura, dureza total, relación sodio-calcio-magnesio, bicarbonatos, cloruros, hierro, recuento de coliformes, recuento de bacterias aerobias y determinación de *E. coli*.
- Determinar por medio del programa COSAGUA 2020 el dimensionamiento de estructuras para la cosecha de agua y el volumen que se puede cosechar.
- Analizar los parámetros del agua cosechada y definir el uso correspondiente que se le debe dar dentro de la finca.

IV. ESTADO DEL ARTE

Ospina y Ramírez (2014) realizaron la investigación “Evaluación de la calidad del agua lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Ibagué” realizado en la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Ibagué, en el 2012. El problema de investigación partió del interés por estudiar el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia como fuente alternativa para uso doméstico a partir de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. La investigación comprendió ocho estaciones de muestreo donde se recogió agua sin contacto con superficie alguna. La caracterización incluyó la medición de turbidez, color aparente, ph, conductividad, temperatura, nitratos, alcalinidad total, cloruros, aluminio, dureza total, hierro total, sulfatos y coliformes totales. Los análisis efectuados demostraron que la composición físico química es susceptible de potabilización al no encontrar niveles temibles de contaminación. Al contrario, la mayoría de los parámetros analizados están dentro de los rangos exigidos para el agua potable exceptuando el ph y turbiedad en algunos puntos de muestreo, permitiendo definir así su potencial aprovechamiento previo proceso de tratamiento convencional que permita remover algunos contaminantes detectados, como coliformes totales, reducción de turbiedad y neutralización del ph por presentar valores bajos como evidencia de agua ligeramente ácida.

- Pérez (2016) evaluó diferentes parámetros de la calidad del agua, las pruebas se realizaron en el laboratorio de química del Recinto de Grecia de la Universidad de Costa Rica (UCR), Las pruebas comprendieron la determinación de la conductividad, la densidad, el pH, la dureza total, la dureza cálcica, el calcio, el magnesio, la alcalinidad total y la presencia de cloruros, en todos los casos por triplicado para cada muestra de agua. En las pruebas se analizaron muestras de agua para el consumo humano de diferentes zonas del país (Grecia, Naranjo, San Ramón, Poás, Zarcero, San Carlos y Esparza). Según la procedencia del agua, los análisis evidenciaron distintos resultados. La finalidad del estudio fue establecer si lo obtenido en los análisis era acorde con lo permitido según el decreto NO32327-S del Reglamento para la Calidad del Agua Potable en Costa Rica.

- En el año 2017 se realizó una tesis en la cual se estudió la calidad del agua lluvia, para consumo humano y productivo en los Talas partido de Berisso, Argentina El estudio surgió a partir del interés por estudiar el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia como

fuentes alternativas para uso doméstico y productivo a través de la determinación de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. Para ello, se realizó la colecta y análisis de la calidad de las muestras de agua de lluvia después de escurrir sobre la superficie de dos tipos de materiales: zinc y policloruro de vinilo (PVC), previo y posteriormente a un tratamiento mediante cloración. La caracterización incluyó la medición de pH, nitratos, nitritos, alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica y magnésica, sulfatos, sólidos disueltos totales, coliformes totales y fecales, *Pseudomonas aeruginosa*, bacterias aerobias mesófilas y parásitos intestinales. (Brignoli 2017)

- En el año 2015 el Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES) realizó el “programa Techo y agua” dentro del cual se desarrolló el proyecto de “instalación de 11 sistemas de captación de aguas lluvias, de 10 m³, en el cantón Potrero Grande, Municipio y Departamento de Santa Ana, 3^a etapa” que consistió en la instalación de 11 sistemas familiares de captación de agua lluvia; instalación que comprende la adecuación del terreno y la construcción de 10 losas de emplantillado de piedra y concreto para la colocación y soporte de los tanques, la construcción de 10 adiciones (media agua de 3 metros por 4 metros) con un área de recogimiento de agua equivalente a 12 m², la instalación de 22 tanques de polietileno de alta densidad de 5.00 m³ de capacidad cada uno y la dotación de 11 filtros caseros para la purificación del agua para consumo humano, el sistema básico individual, para la captación de agua lluvia comprenden la captación, recolección y conducción, intercepción, almacenamiento y tratamiento del agua para consumo humano. Estos sistemas permitirán dotar a las familias beneficiarias con cuatro cántaros de agua al día, equivalentes a unos 100 litros por día; proporcionando una reserva de agua para un período de aproximadamente 120 días en la época más difíciles de la estación seca. (ADESCOPOGA 2015)

- En el año 2018 se inició el proyecto de inauguración de sistemas de cosecha de agua lluvia, El Proyecto “Promoviendo la Cosecha de Agua Lluvia en El Salvador” consiste en motivar el involucramiento de las mujeres y los gobiernos locales de los territorios para la implementación de sistemas para la recolección y almacenamiento de agua lluvia a través de un sistema innovador integrado principalmente por una bolsa de geomembrana con capacidad de almacenamiento de 25,000 litros de agua la cual después de ser sometida a un proceso de filtrado casero puede ser usada para consumo humano; este sistema cuenta con

una mayor capacidad de almacenamiento frente a otros sistemas similares y es una alternativa de bajo costo para las familias y comunidades en condiciones de pobreza. El proyecto incluye un proceso de formación en Instalación y Mantenimiento del Sistema de Cosecha de Agua Lluvia proporcionada por el equipo técnico de AMANCO El Salvador; se capacitaron un total de 63 personas, de las cuales 43 fueron mujeres (68%).

Las personas participantes de la capacitación tendrán la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos, pues se espera con ellas instalar 8 sistemas de Cosecha de Agua Lluvia con bolsa de geomembrana contribuyendo al acceso de agua potable de 120 familias. (FUNDE 2018)

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

5.1 Cambio climático.

Los seres humanos como producto de nuestras actividades cotidianas podemos provocar cambios en el clima y en las condiciones de vida actuales de nuestro planeta, sobre todo a través de la alteración de la atmósfera que rodea la tierra, por medio de la emisión de enormes cantidades de gases y partículas al aire también conocidas como aerosoles-, que salen de las chimeneas de las fábricas, los escapes de los autos, los motores de los aviones, los incendios de bosques, la quema de basura, etc. En suma, al hablar del cambio climático nos referimos a las modificaciones en el clima producto de las actividades del hombre. (MARN 2012)

Las sequías tienen distintas causas, algunas naturales y otras relacionadas con varias actividades humanas. El cambio climático está aumentando la frecuencia, duración, y severidad de las sequías. Las sequías son costosas y afectan a las personas dentro y fuera de las áreas que experimentan directamente condiciones secas, especialmente cuando una sequía afecta a las regiones agrícolas. Las respuestas actuales a la sequía tienden a centrarse en medidas a corto plazo, como la conservación temporal del agua, mejoras en la eficiencia de su uso, transferencias de agua de una cuenca a otra y un mayor uso de las aguas subterráneas durante los períodos secos. Sin embargo, con un mayor riesgo de sequía y la continua sobreexplotación del agua subterránea, debemos incorporar estrategias de largo plazo que reduzcan la vulnerabilidad y aumenten la resiliencia a sequías más frecuentes, severas y duraderas. (UCSUSA 2021)

5.2 Importancia del agua.

La importancia del agua y sus funciones en el planeta es crucial para la vida de todos los seres vivos que en él habitan. El ciclo hidrológico es de gran importancia para los ecosistemas naturales y la regulación del clima. El agua está en continuo movimiento a través del cambio que efectúa en sus tres diferentes estados -líquido, sólido y vapor- y se encuentra tanto en la superficie terrestre como debajo de ella. La alteración del ciclo del agua, como está sucediendo con el cambio climático, supone también modificar la vida de los ecosistemas del planeta. Aunque el total del agua presente es relativamente constante, no lo es su disponibilidad. De ahí la necesidad de tener clara la importancia del agua para llevar a

cabo una gestión adecuada y sostenible de su consumo que evite el agotamiento de este recurso y el estrés hídrico. (AQUAE Sf)

5.3 Cosecha de agua.

La cosecha de agua no es un concepto nuevo; existe desde hace miles de años y se aplica en muchas partes del mundo a través de una gran variedad de técnicas y prácticas. Todas estas formas de manejo tienen en común que permiten incrementar la interceptación, retención, almacenamiento (superficial, subsuperficial o subterráneo) y regulación de las aguas de lluvias que precipitan, momentáneamente, en un determinado territorio, con la finalidad de crear una mayor reserva de agua local o descargas de agua menos abruptas y más regulares. De esta manera, inclusive en zonas muy áridas –como en el caso del Medio Oriente– se logra obtener, conservar y luego usar considerables cantidades de agua para consumo doméstico, para riego y para otros fines. (LEISA 2018)

5.4 Según la secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural México (2016)

existendiferentes técnicas más comunes en la práctica de la cosecha de agua:

1. Micro captación: Consiste en captar la escorrentía (agua de lluvia que corre libremente sobre la superficie de un terreno) generada dentro del propio terreno de cultivo, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos.
2. Macro captación: La macro captación, se utiliza en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas. Es similar a la anterior, pero en áreas más grandes, sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo.
3. Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: Estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).
4. Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: Es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en techos de viviendas y establos,

patios de tierra batida, superficies rocosas. La captación de esta agua, es la de mejor calidad para consumo doméstico.

5. Captación de aguas subterráneas y freáticas: En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.
6. Captación de agua atmosférica: En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla.

Captar agua de lluvia, almacenarla y después reutilizarla para beber, regar los cultivos, aguar el ganado, criar peces y recargar pozos y acuíferos, es una de las tecnologías más antiguas del mundo. Diversas civilizaciones en Asia, Europa, África y América la han utilizado. Los mayas construían grandes cisternas llamadas “chultuns” para recoger el agua de lluvia y regar sus cultivos. El chultún característico de la zona Maya contenía 30 mil litros de agua y servía para unas 10 familias o 50 personas durante un periodo de poco más de seis meses, que es la duración del periodo seco. De esta forma los chultunes tenían la capacidad para almacenar el agua para familias extensas cubriendo las necesidades primordiales como baño, cocina y sustento (MARN 2021)

5.5 Cosecha de agua lluvia en el entorno rural.

El agua es un recurso natural escaso y es una fuente importante para la vida de las personas. No obstante, muchas comunidades rurales viven sobre suelos de alta permeabilidad, cuentan con escasas infraestructuras para el abastecimiento de agua y viven bajo estrictas leyes que les impiden acceder al agua de los manantiales. Sin olvidar, por supuesto, que muchas de estas comunidades sufren las consecuencias directas del cambio climático y la deforestación masiva. Los sistemas de captación de aguas pluviales en los entornos rurales, por tanto, son una solución urgente e importante para garantizar las necesidades básicas de las personas que viven en estas zonas (Econova 2021)

5.6 Cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo.

Capta y almacena de manera fácil y económica el agua de lluvia que se puede utilizar en la producción agrícola (chacras o huertos familiares), en el consumo animal abrevadero y limpieza de los corrales), y en los quehaceres domésticos (lavado de ropa y aseo de la vivienda). La cosecha del agua de lluvia para su utilización es una práctica que se ha realizado desde hace miles de años pero que, poco a poco, se fue abandonando con la implantación de los sistemas de distribución. Sin embargo, actualmente, plantea una alternativa que puede contribuir a la gestión sostenible de la elevada demanda de agua. La captación de agua requiere pequeñas inversiones ya que, en los centros urbanos, las áreas expuestas a la lluvia reúnen las condiciones para facilitar esta tarea. Las superficies (tejados) suelen ser impermeables o estar en pendiente y su capacidad de absorción suele ser inferior a la de infiltración, lo que permite el escurrimiento del agua hacia un sistema de conducción que transporta el agua de lluvia desde el área de captación hasta el sistema de almacenamiento según se muestra en la figura 1. (Info Agro 2022)

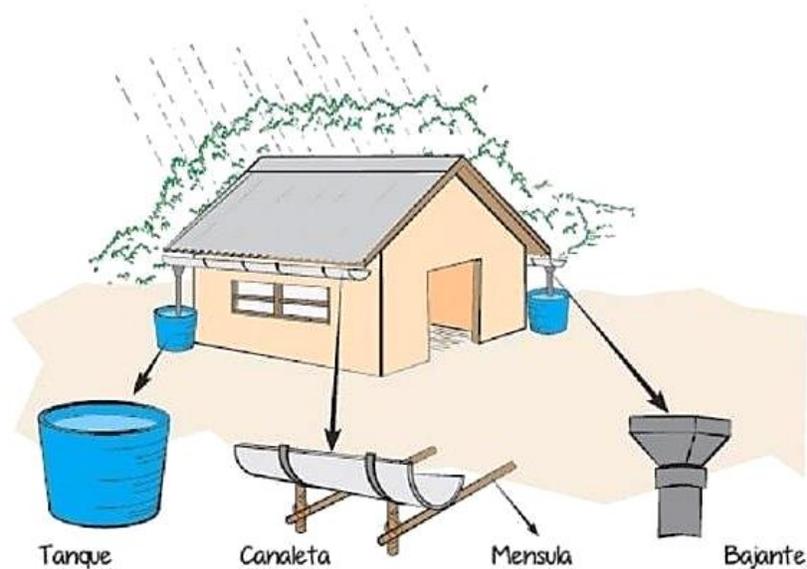


Figura 1. Cosecha de agua desde techo

Fuente: Info Agro 2022

5.7 Ventajas y desventajas de la cosecha de agua desde estructuras de techo. Ventajas

- No requiere el uso de energía eléctrica
- Posible utilización de estructuras ya existentes
- Bajo costo de operación
- Tiempo de vida relativamente extenso
- El agua recolectada tiene buena calidad y un bajo contenido en sales
- Alternativa viable en comunidades rurales dispersas y aisladas (Valdez, Sf.).

Desventajas

- Posible contaminación del agua por falta de mantenimiento en el sistema
- Esta tecnología no puede registrar agua cuando se presenta una sequía
- El agua colectada requiere purificador posterior (Valdez, Sf.).

5.8 Elementos que conforman el sistema de cosecha de agua.

Según AGROPINOS (2020) Los elementos que conforman los sistemas de cosecha de agua mostrados en la figura 2 son los siguientes:

Área de captación

Normalmente se ubica en las cubiertas de las edificaciones o una zona impermeable que se ha adaptado para la función de captar el agua de la lluvia. El material con el que esté realizado debe contar con características higiénicas que impidan la contaminación del agua, tales pueden ser tejas de cerámica o cubiertas de piedra.

Evitar los impermeabilizantes elaborados con materiales que puedan contaminar el agua, se deben evitar a toda costa.

Conductos de agua

Es el sistema que se elige para que el agua se dirija al depósito, pueden ser tuberías, escalones o la misma inclinación del tejado. Es importante garantizar las dimensiones y diseño adecuados para evitar el desvío del agua o el desperdicio.

Filtrado

Esta parte es indispensable para los sistemas de captación de aguas lluvias ya que es donde será purificada, se eliminarán impurezas y microorganismos, haciendo que el agua sea potable y pueda ser usada con seguridad. Si desea mayor pureza en el agua puede optar por filtros que utilizan los primeros litros de agua recolectada para limpiar el sistema de captación, así que se desechan, proporcionando un lugar limpio para el agua que seguidamente sea recolectada.

Depósito

Es el lugar donde el agua se almacena una vez ha sido filtrada. El tamaño debe ser según sus necesidades y capacidad de recolección; y el material de las paredes debe ser apto para el almacenamiento del agua y que no la contamine durante su almacenamiento.

Tradicionalmente, los depósitos se ubicaban en lugares subterráneos y era delimitado por muros de contención que evitarán filtraciones. Actualmente, se manejan tanques exteriores, y el material que se maneja es un plástico especial para esta función.

Sistemas de control

Si desea optimizar el uso del agua recolectada con el agua de la red pública puede implementar un sistema de control. Su función consiste en alternar el uso del agua recolectada con la de la red, suministrando la que está disponible en el depósito, y cuando se acaba suministra la de la red. Es una forma inteligente de ahorrar este recurso.



Figura 2. Partes del Sistema de captación de agua de Lluvia

Fuente: Prensa 2010

5.9 Tipo de materiales para sistemas de cosecha de agua.

Para la captación se puede usar los techos de las casas y las escuelas, los cuales pueden ser de láminas de zinc o tejas. La cantidad de agua que se puede recolectar será en función del área de techo del que se disponga para la captación. Para conducir el agua captada se puede utilizar canales y tuberías de PVC ensambladas con accesorios para dirigir el agua hacia el punto de almacenamiento. Antes de llegar al sitio de almacenamiento se debe filtrar el agua para retener los sólidos o impurezas encontradas en el techo con el filtro interceptor. Considerando la relación costo-beneficio de las diferentes opciones de almacenamiento; se puede utilizar barriles, bolsas de geomembrana, pilas, y tanques. (GWP, Sf.)

5.10 Calidad del agua.

Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

- Químicos:** Se mide la concentración de hidrógeno del agua (pH) para determinar el nivel de iones H⁺ usando un medidor de pH o bandas de prueba especiales que indican el nivel de acidez o alcalinidad del agua que está siendo investigada. Otros factores químicos que se observan son la dureza, los sólidos disueltos y en suspensión, la alcalinidad, los coloides, minerales, residuos secos, sulfatos, cloruros, nitratos, fluoruros, fosfatos, entre otros minerales.

- Físicos:** Incluyen el sabor, olor, color, turbidez y conductividad del agua.

- Biológicos:** Relacionados con la demanda biológica y química de oxígeno, así como con la presencia de carbón orgánico en suspensión.

- Bacteriológicos:** Se revisa que no tenga bacterias como Escherichia Coli, Streptococos y Clostridios. (Water Logic 2016)

5.11 Parámetros y valores de calidad de agua.

Dependiendo de la aptitud de uso a evaluar, se analizan diferentes parámetros para cada muestra de agua con el propósito de determinar sus características físico, químicas, bacteriológicas y metales pesados. Estos resultados son comparados con los valores de norma correspondientes para establecer su aptitud para cada uno de los usos objeto de estudio.

Parámetros del reglamento técnico salvadoreño de norma para consumo humano.

Parámetro	Limite Máximo Permisible		
	Técnicas		
	Filtración por Membranas	Tubos Múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	----
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	100 UFC/ ml	----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

Figura 3. Parámetros de agua de norma para consumo

Fuente: Reglamento Técnico Salvadoreño 2018

Los usos del agua objeto de interés para este estudio son: (1) agua cruda para potabilizar por métodos convencionales los cuales se muestran en la figura 3 y 4, (2) agua para riego sin restricciones los cuales se muestran en la figura 5, (3) agua para consumo animal los cuales se muestran en la figura 6 y, (4) agua para actividades recreativas. (MARN 2020)

Parámetro	Unidad		Valor Guía
Arsénico	mg/L	≤	0.01
Boro	mg/L	≤	0.3
Cadmio	mg/L	≤	0.003
Cobre	mg/L	≤	2
Cromo Total	mg/L	≤	0.068
Hierro	mg/L	≤	0.3
Manganeso	mg/L	≤	0.5
Mercurio	mg/L	≤	0.001
Níquel	mg/L	≤	0.02
Plomo	mg/L	≤	0.01
Zinc	mg/L	≤	3
Cianuro Total	mg/L	≤	0.07
Cloruros	mg/L	≤	250
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤	2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	≤	4
Fenoles	mg/L	≤	0.01
Fósforo total	mg/L	≤	0.15
Nitratos (NO3-)	mg/L	≤	50
Nitritos (NO2-)	mg/L	≤	3
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	≤	1.5
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥	4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	≤	6.5 a 9.5
Sodio	mg/L	≤	200
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	≤	500

Figura 4. Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales.

Fuente: MARN 2020

Parámetro	Unidad		Valor Guía
Aluminio	mg/L	≤	5
Arsénico	mg/L	≤	0.1
Boro	mg/L	≤	0.7
Cadmio	mg/L	≤	0.01
Cobre	mg/L	≤	0.2
Cromo Total	mg/L	≤	0.1
Hierro	mg/L	≤	5
Manganeso	mg/L	≤	0.2
Níquel	mg/L	≤	0.2
Plomo	mg/L	≤	5
Zinc	mg/L	≤	2
Bicarbonatos	mg/L	≤	91.52
Cloruros	mg/L	≤	142
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤	1000
Conductividad	μS/cm	≤	700
Nitratos (NO2-N)	mg/L	≤	5
Potencial de Hidrógeno	unidad de pH	≤	6.5 a 8.4
RAS	unidad	≤	9
Sólidos disueltos totales	mg/L	≤	450

Figura 5. Agua para riego sin restricciones

Fuente: MARN 2020

5.12 Sistemas agroecológicos.

Un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción. Como movimiento social, persigue papeles multifuncionales para la agricultura, promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las zonas rurales. Los agricultores familiares son las personas que tienen las herramientas para practicar la Agroecología. Ellos son los guardianes reales del conocimiento y la sabiduría necesaria para esta disciplina. Por lo tanto, los agricultores familiares de todo el mundo son los elementos claves para la producción de alimentos de manera agroecológica. (FAO 2022).

5.13.1 Uso del agua en sistemas agroecológicos.

Según la FAO (2013) En una finca, las familias requieren agua para consumo doméstico y para las actividades agrícolas y pecuarias.

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Aluminio	mg/L	≤	5
Arsénico	mg/L	≤	0.2
Boro	mg/L	≤	5
Cadmio	mg/L	≤	0.05
Cobre	mg/L	≤	0.5
Cromo Total	mg/L	≤	1
Manganeso	mg/L	≤	0.05
Mercurio	mg/L	≤	0.01
Plomo	mg/L	≤	0.1
Zinc	mg/L	≤	24
Conductividad	(μ S/cm)	≤	1500
Magnesio	mg/L	≤	250
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	≤	10

Figura 6. Agua para consumo de especies de producción animal

Fuente: MARN 2020

- Uso doméstico: la suma del agua usada para preparar alimentos, beber, higiene personal, lavado de ropa y aseo de la vivienda.
- Consumo animal: la suma de los consumos para abrevadero y limpieza de los corrales.
- Producción agrícola: volumen total de agua absorbida por los cultivos para realizar su metabolismo y producción.
- Otros usos: consumo en instalaciones de transformación de productos, piscicultura y actividades recreativas

5.14 Criterio de consumo de agua.

Tabla Algunos requisitos del agua estándar (OPS)	
Demanda	Criterio de consumo Litros/día
Individuos cuota de supervivencia	7
Individuos cuota a mediano plazo	15 a 20
Individuos cuota a largo plazo*	150
centro de salud paciente ambulatorio	5
centro de salud paciente hospitalizado	40 a 60
hospital por cama	220 a 300
escuela	10 a 15
Iglesia por visitante	5
cabra, oveja, cerdo	10 a 20
gallinas, patos (litros/100 aves)	10 a 20
res, caballo, mula	20 a 30
vaca lechera **	50
jardines vegetales metro cuadrado***	3 a 6

* Se estima como la media de consumo mundial
 ** animales en producción tienen mayor consumo
 ***Entendida como agricultura familiar o de traspatio

Figura 7. Requisitos del agua estándar (Demanda – Consumo).

Fuente: Tejada 2020

VI. METODOLOGÍA.

6.1 Ubicación del estudio

El proyecto se llevó a cabo en la finca Flor de Lis, ubicada en el cantón Las Aradads, caserío La Eureka, departamento de Santa Ana (Figura 8), con coordenadas geográficas $13^{\circ} 71' 83.6'' N$ $89^{\circ} 20' 07.8'' W$, ubicada a una elevación de 829 msnm y una precipitación anual de 1833 mm al año, con una temperatura promedio de $28^{\circ} C$.

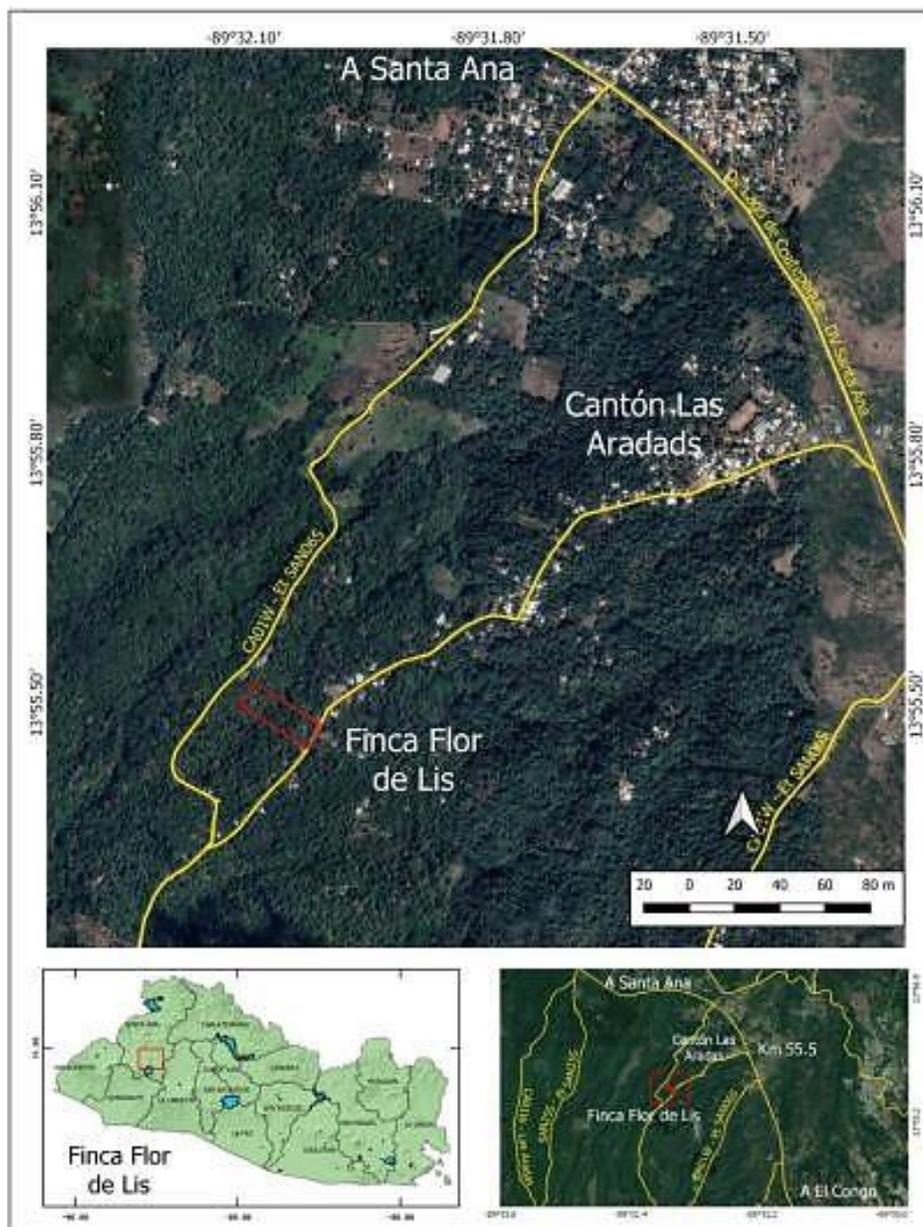


Figura 8. Localización del lugar de estudio

6.1.1 Materiales, instrumentos y equipo de investigación.

Para el establecimiento del sistema de cosecha de agua lluvia se utilizaron los siguientes materiales y equipo:

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron herramientas, equipos e insumos como un canal liso de PVC alto caudal, accesorios para canal como: adaptadores, codos, tapaderas para canal, reductores de PVC, tubos de drenaje, tubos de PVC de 2", un barril, regletas de madera, filtro, clavos, cinta métrica, azadón, martillos, pala dúplex, GPS, Sonda Multiparamétrica, libreta de campo, teléfono celular.

6.2 Tipo de investigación.

Según su objeto de estudio la investigación es de campo ya que se implementará el sistema de cosecha en la Finca Flor de Lis y se recolectaran muestras de agua para su posterior análisis.

6.3 Metodología de oficina.

6.3.1 Elaboración del proyecto de investigación.

El proyecto se realizó utilizando en un principio el método científico, primero se identificó el problema, luego se identificaron las principales causas de la problemática, posteriormente se realizó la estructuración del trabajo, iniciando con la definición del título de investigación, luego los objetivos, prosiguiendo con la búsqueda bibliográfica de información para sustentar el trabajo de investigación, se planteó la metodología y luego se llevó a cabo en fase de campo para obtener la información y finalmente presentar el proyecto donde se encuentre establecido el sistema de cosecha de agua lluvia junto con el análisis de físico-químico y microbiológico del agua cosechada.

6.4 Metodología de campo.

6.4.1 Selección del lugar.

Dentro de la finca Flor de Lis se ubicó una estructura con techo (Ver A-1) que fuera adecuada para la cosecha de agua, con la altura e inclinación adecuada para el establecimiento del sistema de cosecha, el material del techo es teja. Con la ayuda del GPS se tomaron los datos de las coordenadas de latitud y longitud. El techo de la estructura está formado por dos aguas,

se tomó 1 agua para el establecimiento del canal, la estructura tiene dimensiones de: Ancho de techo 2.30 metros, altura 3.15 metros teniendo un área de 7.24 m².

Nota: Los lugareños cuentan con agua potable sin embargo el lugar donde se estableció el sistema de cosecha se encuentra en la parte alta de la finca, donde anteriormente se intentó colocar un sistema de agua con chorro sin embargo no fue posible ya que la presión es débil y no alcanza a llegar el agua hasta el lugar privándoles de contar con agua en esa zona.

6.4.2 Diseño y establecimiento del sistema de cosecha de agua lluvia.

Se diseñó el sistema con sus partes y medidas correspondientes, Esta fase se realizó con la colaboración del propietario de la finca, compañeros del curso de especialización y parte del personal del Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la facultad, con todos los materiales listos se procedió a armar (Ver A-2), y colocar el canal que conduce el agua junto con las demás componentes y los tubos de PVC que son las que permitirán que el agua llegue hasta el barril de captación (Ver A-3), y se le colocó un plástico en la parte de salida del agua para que el barril fuera cubierto y evitar que basura o algún tipo de insecto cayera en el agua recolectada. (Ver A- 4).

6.4.3 Visitas a la Finca.

Se realizaron visitas cada 15 días durante 2 meses donde se revisaba y limpiaba el sistema de cosecha de agua, y se realizó monitoreo de parámetros de calidad con la sonda multiparamétrica.

6.4.4 Determinación del potencial de cosecha de agua.

Se realizó por medio de cálculos y la ayuda del programa Excel COSAGUA 2020 y con datos brindados como: requisito del agua estándar (Figura 7), la estimación de la demanda de agua en la población rural de la zona. También el dimensionamiento para las estructuras de cosecha de agua y la información de precipitación de la estación meteorológica el palmar tomado del programa CLIMWAT .

6.4.5 Toma de parámetros con la sonda multiparamétrica.

Se tomaron muestras del agua lluvia cosechada y se le realizaron tomas de parámetros como PH, Oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y temperatura con la ayuda de la sonda multiparamétrica (Ver A-6)

6.4.6 Toma de muestras de agua para análisis Físicoquímico y microbiológico.

Se tomaron dos tipos de muestras de agua, una para realizar el análisis microbiológico y la otra para el análisis físicoquímico.

•Toma de muestra análisis microbiológico.

Se utilizó como recipiente para almacenar la muestra un envase plástico nuevo de capacidad de 1 litro de agua, se sumergió y se enjuago con el agua lluvia recolectada en el barril tres veces, luego se llenó totalmente el envase evitando burbujas de aire y cualquier tipo de sedimento grande, se rotulo con la siguiente información: Sitio de muestreo, Punto de muestreo, uso, Nombre del encargado, fecha y hora. Posteriormente se colocó en una hielera con hielo. (Ver A-7) y se trasladó al Laboratorio.

•Toma de muestra análisis físico-químico.

Se utilizó como recipiente para almacenar la muestra un envase plástico nuevo de capacidad de 1 litro de agua, se sumergió y se enjuago con el agua lluvia recolectada en el barril tres veces, luego se llenó totalmente el envase evitando burbujas de aire y cualquier tipo de sedimento grande, se rotulo con la siguiente información: Sitio de muestreo, Punto de muestreo, uso, Nombre del encargado, fecha y hora. (Ver A-12). Posteriormente se trasladó al Laboratorio. (Ver A-13)

6.5 Metodología de Laboratorio.

6.5.1 Análisis microbiológico.

Se realizaron análisis de 3 parámetros microbiológicos los cuales fueron:

- Recuento de coliformes: Fue realizado bajo la técnica de Placas Petrifilm.
- Recuento de Bacterias Aerobias: Fue realizado bajo la técnica de Placas Petrifilm.
- Determinación de *E. Coli*: fue realizado bajo la técnica de Placas Petrifilm.

6.5.2 Análisis físico-químico.

Se Realizaron análisis de 6 parámetros en el Laboratorio los cuales fueron:

- Dureza total
- Sodio
- Calcio
- Magnesio
- Bicarbonatos
- Cloruros
- Hierro

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

•Establecer el sistema de cosecha de agua lluvia como recurso aprovechado en la zona rural.

Componentes del sistema de cosecha de agua lluvia. (Figura 9).

1. **Captación:** El área de captación de la galera es de 7.24 metros cuadrados.
2. **Recolección y conducción:** Es un canal liso de PVC de alto caudal con medidas de 3.15 metros de largo y está formado por las uniones para canal liso de PVC que se utilizaron para la conexión con la boquilla redonda que se utiliza para evacuar el agua al bajante, también se utilizaron dos tapas de PVC para cerrar el sistema.
3. **Bajante:** Este hecho de tubo de PVC de 2 pulgadas que tiene medidas desde el canal hasta la trampa de solidos de 2.42 metros.
4. **Conexión al tanque:** Son los que conducen el agua hacia el tanque de recolección y están hechos con tubos de PVC de 2 pulgadas que tiene medidas desde la conexión del bajante hasta el filtro de 2.4 metros.
5. **Trampa de solidos:** Su función es evacuar todos los sólidos como basura, hojas, tierra que arrastra el canal y evitar que llegue al barril de recolección.
6. **Filtro:** Su función es evitar el paso de sedimentos pequeños, es de la marca ARKAL de 140 mesh.
7. **Salida de agua:** La salida del agua para el barril de recolección.
8. **Tanque de Recolección:** Consiste en un barril el cual tiene capacidad de 220 litros.

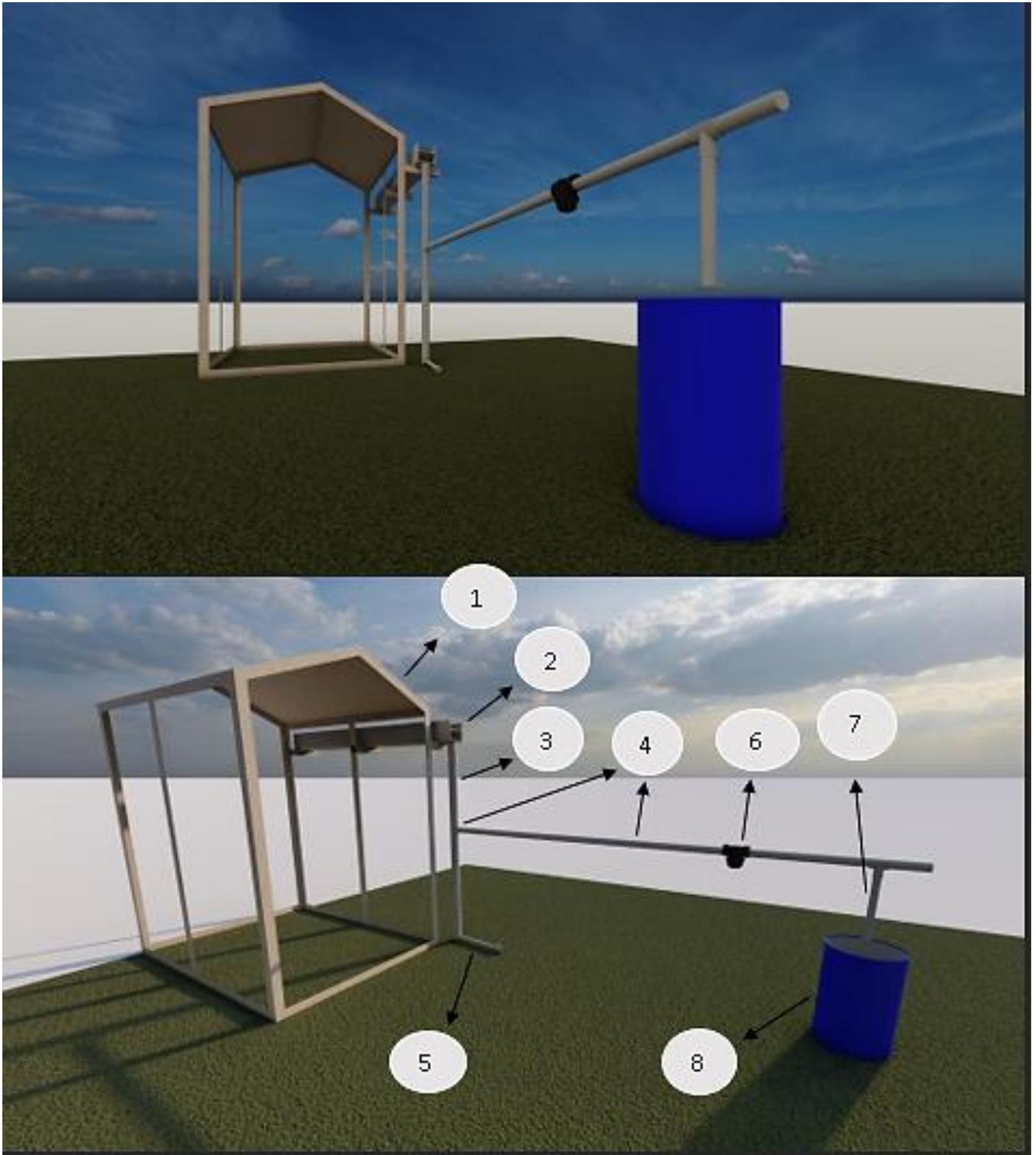


Figura 9. Diseño del sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo.

Fuente: Elaboración propia.

•Cálculo de cosecha de agua basado en superficies colectora de techo.

1. Estimación de la demanda de agua para las diferentes actividades dentro de la finca.

Estimación de la demanda de agua de poblaciones rurales.						
POR ING JOSE MAURICIO TEJADA						
Cuadro de demanda de agua de una población rural						
Demanda	Criterio de consumo	Cantidad	Volumen diario		V. mensual	V. anual
	Litros/día	unidad	Litros	Metros cub.	Metros cub.	Metros cub.
Persona	50	1	50	0.05	1.5	18
gallinas, patos (litros/100 aves)	10	10	1	0.001	0.03	0.36
frutales	10	8	80	0.08	2.4	28.8
vaca lechera	50	0	0	0	0	0
Escuela: alumnos	75	1	75	0.075	2.25	27
			0	0.0	0	0
DEMANDA NETA DE AGUA			206	0.21	6.18	74.16
DEMANDA BRUTA (10 % DERRAMES)			226.6	0.2266	6.798	81.576

Figura 10. Estimación de demanda de agua

Fuente: Tejada 2020.

Según las actividades realizadas en la finca y utilizando el criterio de consumo según la organización mundial de la salud (OMS) (Fig.7) se estimó el volumen de agua diario necesario para cubrir las actividades siendo 226.6 litros de agua diarios la demanda.

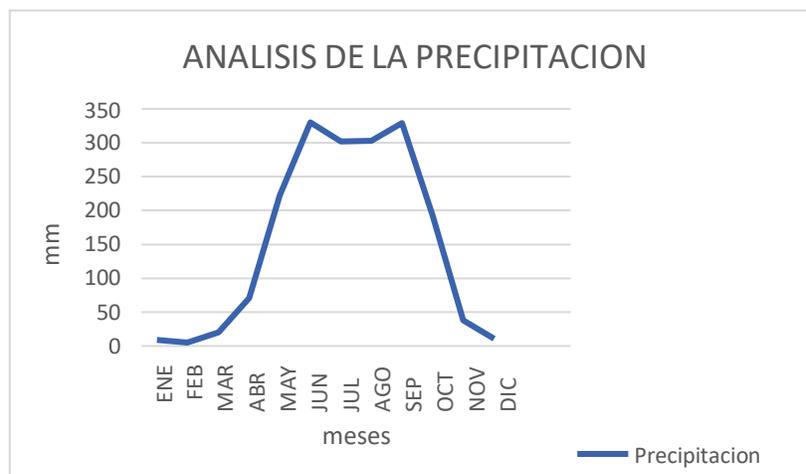
2. Datos de precipitación mensual de la estación meteorológica Santa Ana, El Palmar obtenidos del programa CLIMWAT.

Cuadro 1. Precipitación mensual

Elemento climático	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación(mm)	9.0	5.0	20.0	71.0	222.0	330.0	302.0	303.0	329.0	193.0	38.0	11.0

Fuente: CLIMWAT

Gráfico 1. Precipitaciones mensuales Santa Ana, El Palmer



Podemos observar que en el mes de junio la precipitación fue de 330 mm siendo la mayor cantidad de agua durante el año, mientras que en el mes de febrero la precipitación fue de 5 mm siendo la menor cantidad de agua durante el año.

3. Resultados para área de techo de 7.24 metros cuadrados.

DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS PARA LA COSECHA DE AGUA							
POR ING JOSE MAURICIO TEJADA ASENCIO							
I- INFORMACION							
USO	Flor de Lis			AREA DE TECHO	7.24	m ²	NUEVA ST
CANTIDAD	1 Proyecto			COEF DE ESCORR	0.8		
CONSUMO	266.6 Litros/Dia						
MES	DIAS	PRECIPITACION MENSUAL	VOL COLECTADO		DEMANDA		VOLUMEN DE RESERVA
			MES	ACUMULADO	MENSUAL	ACUMULADA	
		mm	m ³	m ³	m ³ /mes	m ³	m ³
MAY	31	222.0	1.3	1.3	8.3	8.3	-7
JUN	30	330.0	1.9	3.2	8.0	16.3	-13
JUL	31	302.0	1.7	4.9	8.3	24.5	-20
AGO	31	303.0	1.8	6.7	8.3	32.8	-26
SEP	30	329.0	1.9	8.6	8.0	40.8	-32
OCT	31	193.0	1.1	9.7	8.3	49.1	-39
NOV	30	38.0	0.2	9.9	8.0	57.1	-47
DIC	31	11.0	0.1	10.0	8.3	65.3	-55
ENE	31	9.0	0.1	10.1	8.3	73.6	-64
FEB	28	5.0	0.0	10.1	7.5	81.0	-71
MAR	31	20.0	0.1	10.2	8.3	89.3	-79
ABRI	30	71.0	0.4	10.6	8.0	97.3	-87
TOTAL	365	1833.0					
DIMENSIONES DEL RESERVORIO				Paralelepípedo		cilindro	
Vol. de reserva mayor	-7.0	m ³	ALTURA (m)	2	Altura (m)	2	
Vol. de reserva menor	-86.7	m ³	LARGO (m)	40	Diametro (m)	6.5	
Volumen del reservori	80	m ³	ANCHO (m)	1.0			

Figura 11. Dimensiones de Estructura para cosecha de agua

Fuente: (COSAGUA 2020).

En la estructura establecida en la finca Flor de Lis, se presenta un área de 7.24 metros cuadrados la cual capta 10.61 metros cúbicos al año de agua, con dicha área todos los meses nos arrojan valores negativos lo que indica que habría un déficit de agua para cubrir con las necesidades o demanda de agua para las actividades. Es necesario un área de captación más grande para poder recolectar el agua suficiente para cubrir todas las necesidades o reducir los usos o la cantidad de agua según las actividades.

4. Propuesta de área de techo de 60 metros cuadrados.

DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS PARA LA COSECHA DE AGUA							
POR ING JOSE MAURICIO TEJADA ASENCIO							
I- INFORMACION							
USO	Flor de Lis			AREA DE TECHO	60	m ²	NUEVA ST
CANTIDAD	1	Proyecto		COEF DE ESCORR	0.8		
CONSUMO	266.6	Litros/Dia					
MES	DIAS	PRECIPITACION	VOL COLECTADO		DEMANDA		VOLUMEN DE RESERVA
		MENSUAL	MES	ACUMULADO	MENSUAL	ACUMULADA	
		mm	m ³	m ³	m ³ /mes	m ³	m ³
MAY	31	222.0	11	11	8.3	8.3	2
JUN	30	330.0	16	26	8.0	16.3	10
JUL	31	302.0	14	41	8.3	24.5	16
AGO	31	303.0	15	56	8.3	32.8	23
SEP	30	329.0	16	71	8.0	40.8	31
OCT	31	193.0	9	81	8.3	49.1	32
NOV	30	38.0	2	82	8.0	57.1	25
DIC	31	11.0	1	83	8.3	65.3	18
ENE	31	9.0	0	83	8.3	73.6	10
FEB	28	5.0	0	84	7.5	81.0	3
MAR	31	20.0	1	85	8.3	89.3	5
ABRI	30	71.0	3	88	8.0	97.3	9
TOTAL	365	1833.0					
DIMENSIONES DEL RESERVORIO			Paralelepípedo		cilindro		
Vol. de reserva mayor	31.5	m ³	ALTURA (m)	1	Altura (m)	2	
Vol. de reserva menor	2.4	m ³	LARGO (m)	7	Diametro (m)	4.7	
Volumen del reservori	35	m ³	ANCHO (m)	5.0			

Figura 12. Dimensionamiento de Estructuras para Cosecha de Agua (60m2)

Fuente: (COSAGUA 2020).

Se establecieron datos que permitan cumplir con los requerimientos en donde el área de cosecha de agua es mucho mayor en este caso un área de 60 metros cuadrados y de esta forma poder tener un almacenamiento mayor en volumen y un mayor aprovechamiento del recurso hídrico, en las diferentes actividades de la finca Flor de Lis.

- Analizar los parámetros del agua que nos permitan hacer uso sin ningún riesgo en la salud humana, animal y riego.

Cuadro 2. Resultados de Análisis físico- químicos

Parámetros Físico-químicos	Valores	Valores permisibles
Color	Incoloro	
Olor	Inoloro	
Temperatura (C)	26.7	20 y 30°C
PH	7	6.5- 9.5
Conductividad (µmhos/cm)	42.6	≤ 700 µmhos/cm
Solidos totales disueltos (mg/l)	19.31	≤ 500 mg/l
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.01	≥ 4
Carbonatos (mg/l)	0	
Bicarbonatos (mg/l)	10	≤ 91.52
Cloruros (mg/l)	4.72	≤ 250
Sulfatos (mg/l)	-	-
Calcio (mg/l)	1.706	<60 mg/l
Magnesio (mg/l)	0.137	≤ 250
Dureza Total (mg/l)	4.820	Bajo 50 mg/l
Sodio (mg/l)	0.690	≤ 200
Potasio (mg/l)	-----	-----
Boro (mg/l)	-----	-----
Hierro (mg/l)	<1	≤ 0.3
Zinc mg/l	<1	≤ 2
RAS	0.254	≤ 9

Cuadro 3. Resultados de Análisis Microbiológico

Parámetros Microbiológicos según norma para consumo humano por el RTS.	Resultado	Límite máximo permisible
Recuento de coliformes UFC/100 ml	7	0 UFC/100 ml
Recuento de bacterias aerobias UFC/ ml	MNPC	0 UFC/100 ml
Determinación de <i>E. Coli</i> UFC/100 ml	Ausencia	Ausencia

- Análisis microbiológico de calidad del agua para consumo humano.

El valor de coliformes obtenido en la muestra actualizada, sobrepasa el límite establecido por la Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:08, por lo que no es apta para consumo humano.

Se detecto ausencia de *E. Coli*.

Según los valores obtenidos el agua lluvia cosechada de estructuras de techo no puede ser utilizada directamente para consumo humano, sin embargo, según ANDA 2020 el agua lluvia puede ser potabilizada por métodos convencionales en el hogar y ser utilizada para diferentes actividades domesticas como lavar trates, lavar ropa.

Valores para aptitud de agua cruda para potabilizar según el informe de la calidad del agua de los ríos El Salvador 2012-2013 Ph 7 encontrándose dentro del rango permisible de 6.5-9.2; Oxígeno disuelto 5.01 mg/l encontrándose dentro del rango permisible de ≥ 4.0 mg/l; Cloruros 4.72 encontrándose dentro del rango permisible de ≤ 250 mg/l; Solidos totales disueltos

19.31 mg/l encontrándose dentro del rango permisible de ≤ 600 mg/l .

- Análisis físico químico de la calidad del agua para riego.

De los parámetros determinados en el cuadro 2 los parámetros cumplen la normativa encontrada en el informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador año 2020 presentada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales con los siguientes resultados: Ph 7 encontrándose dentro del rango permisible de 6.5 a 8.4: Conductividad Eléctrica: 42.6 μ mhos/cm siendo el rango ≤ 700 ; Solidos totales disueltos: 19.31 mg/l siendo el rango ≤ 450 ;

Bicarbonatos: 10 mg/l siendo el rango ≤ 91.52 ; Cloruros: 4.72 mg/l siendo el rango ≤ 142 ; Hierro: ≤ 1 siendo el rango ≤ 5 y el RAS: 0.254 siendo el rango ≤ 9 . El agua lluvia cosechada desde la estructura de techo es apta para ser utilizada en riego.

- Análisis físico químico de la calidad del agua para consumo de especies de producción animal.

Según Bertsch (2019) el Ph óptimo para agua de consumo animal debe de encontrarse entre 6,5 a 8,5 siendo el resultado de 7 encontrándose en un rango recomendable; Solidos totales disueltos deben de encontrarse <1000 mg/l siendo el resultado obtenido de 19.31 mg/l Cloruros deben de encontrarse <125 mg/l siendo el resultado obtenido 4.75 mg/l; Calcio debe de encontrarse <60 mg/l siendo el resultado 1.706 y Magnesio debe de encontrarse <14 mg/l siendo el resultado 0.137 mg/l. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros permisibles y no representa ningún peligro que el agua lluvia cosechada desde la estructura de techo sea utilizada para consumo animal.

VIII. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo es una opción viable para las poblaciones urbanas y rurales afectadas por la crisis del suministro de agua potable ya que es una forma de obtener agua para realizar diferentes actividades.
- Las estructuras ya establecidas pueden ser aprovechadas para la implementación del sistema de cosecha de agua lluvia, así como también la utilización de materiales que poseen dentro de la finca como tubos de pvc, regletas, barriles para reducir costos.
- El sistema de cosecha mediante la superficie de techo de 7.24 m² logra captar y almacenar 10.61 metros cúbicos de agua al año.
- El agua lluvia cosechada no puede ser utilizada para consumo humano directamente sin embargo puede ser potabilizada por métodos convencionales como la utilización de cloro para poder consumirla.
- Los análisis realizados al agua lluvia cosechada nos indican que puede ser utilizada para diferentes actividades dentro de la finca como lavar trastes, lavar ropa, aseo personal, limpieza, riego para cultivos y consumo animal.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ADESCOPOGA (Asociación de Desarrollo Comunal Cantón Potrero Grande Abajo). 2015. Instalación de 11 sistemas de captación de aguas lluvias, de 10m³, en el cantónpotrero grande, Municipio y Departamento de Santa Ana, 3^a etapa. Santa Ana, ElSalvador. Programa Techo y Agua. (En línea). Disponible en: https://www.transparencia.gob.sv/system/resources_to_private_recipients/attachments/000/001/229/original/PROYECTO_FINAL_ADESCOPOGA_3A_Etapa.pdf?1
- AGROPINOS. 2020. Sistemas de recolección de agua lluvia: Cómo funcionan y cuáles son sus beneficios. (En línea). Consultado 5 oct.2022. Disponible en: <https://www.agropinos.com/blog/como-aprovechar-las-aguas-lluvias>
- ANDA (Administración Nacional De Acueductos y Alcantarillados). 2020. Fuentes de Agua. (En línea). Consultado 10 nov. 2020. Disponible en: <https://www.anda.gob.sv/index.php/programas/investigacion-fuentes-de-agua/>
- Bertsch, G. 2020. Calidad del agua en la producción Avícola. (En línea). Consultado 5 nov. 2022. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/calidad-del-agua-en-la-produccion-avicola/>
- Brignoli, D. 2017. Estudio de la calidad del agua de lluvia, para el consumo humano y productivo en los Talas, partido de Berisso. Tesis Ing. Agr. Argentina. Universidad Nacional de La Plata. 37 p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63762/Documento_completo.pdf?squence=1&isAllowed=y
- Econova. 2021. ¿Cuáles son los sistemas de captación de aguas pluviales? (En línea). Consultado 21 ago. Disponible en: <https://econova-institute.com/blog/sistema-captación-pluvial/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Agroecología y Agricultura Familiar. (En línea). Consultado 25 oct.2022. Disponible en: <https://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2013. Captación y almacenamiento de agua lluvia. (En línea). Consultado 25 oct.2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Fundación Aquae. Sf. La importancia del agua en los seres vivos. (En línea). Consultado 10 ago.2022. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>
- FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo). 2018. Inauguración de sistemas

- de Cosecha de Agua Lluvia. (En línea). Consultado el 17 jul.2022. Disponible en: [http://www.funde.org/inauguracion-de-sistemas-de-cosecha-de-agua-lluvia-2018#:~:text=El%20Proyecto%20%E2%80%9CPromoviendo%20la%20Cosecha,in%20novador%20integrado%20principalmente%20por%20una%20GWP%20\(Global%20Water%20Partnership\).%20Cosecha%20de%20agua%20lluvia%20Sustento%20para%20la%20vida.%20\(En%20l%C3%ADnea\).%20Consultado%2010%20oct.2022.%20Disponible%20en%20https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/ea_cosecha-aguas-lluvias_fin.pdf](http://www.funde.org/inauguracion-de-sistemas-de-cosecha-de-agua-lluvia-2018#:~:text=El%20Proyecto%20%E2%80%9CPromoviendo%20la%20Cosecha,in%20novador%20integrado%20principalmente%20por%20una%20GWP%20(Global%20Water%20Partnership).%20Cosecha%20de%20agua%20lluvia%20Sustento%20para%20la%20vida.%20(En%20l%C3%ADnea).%20Consultado%2010%20oct.2022.%20Disponible%20en%20https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/ea_cosecha-aguas-lluvias_fin.pdf)
- GWP (Global Water Partnership). Cosecha de agua lluvia: Sustento para la vida. (En línea). Consultado 10 oct.2022. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/ea_cosecha-aguas-lluvias_fin.pdf
- Info Agro. 2022. Guía para cosechar el agua lluvia de manera correcta. (En línea). Consultado 30 ago.2022. Disponible en: <https://infoagro.com.ar/guia-practica-para-cosechar-el-agua-de-lluvia/>
- La prensa. 2010. ¿Cosechar agua lluvia? (En línea). Consultado 6 oct.2022. Disponible en: <https://www.prensa.com/cultura/Cosechar-agua-lluvia-0-2913458660.html>
- LEISA. 2018. El agua en la agricultura familiar campesina. (En línea) Vol. 34 (3). Perú. Consultado 10 ago. 2022. Disponible en: <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol34n3.pdf>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Que es el cambio climático (En línea). Consultado 2 ago. 2022. Disponible en: <http://rcc.marn.gob.sv/xmlui/bitstream/handle/123456789/126/que%20es%20el%20cc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. Guía práctica de captación de agua lluvia. (En línea). Consultado 20 ago 2022. Disponible: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-practica-de-captacion-de-agua-lluvia/>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. Informe de la calidad del agua de los ríos El Salvador 2012-2013. (En línea). Consultado 30 nov. 2022. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/informe-de-calidad-de-agua-de-los-rios-de-el-salvador-2018/>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales).2020. Informe de la calidad de agua de los ríos de El Salvador. (En línea). Consultado 20 oct.2022. Disponible en <https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-de-agua/#:~:text=Par%20C3%A1%20metros%20para%20determinar%20la%20calidad%20del%20agua&text=F%20C3%A1%20sicos%20Incluyen%20el%20sabor%20e%20el%20color,d>
- MINSAL (Ministerio de Salud de El Salvador).2018. Reglamento Técnico salvadoreño. Agua de consumo humano, requisitos de calidad e inocuidad. (En

- línea). Consultado 25 oct. 2022. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/rts_calidad_e_inocuidad_d_el_agua_para_consumo_humano_v1.pdf
- O, E. Ospina -Zúñiga y H, Ramírez-Arcila, 2014. “Evaluación de la calidad del agua lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia”. Ingeniería solidaria, vol.10 n°17, pp. 125-138, dic. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/812/771>
- Pérez López, E. 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Tecnología en Marcha vol.29 n.3 Cartago. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2016. Técnicas de cosecha de agua. (En línea). México. Consultado 15 ago.2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tecnicas-de-cosecha-de-agua>
- Tejada Ascencio, 2020. Excel COSAGUA. Dimensionamiento de estructuras para la cosecha de agua.
- Tejada Ascencio, 2020. Excel Demanda Agua. Estimación de la demanda de agua de poblaciones rurales.
- UCSUSA (Unión de Científicos Consientes). 2021. Causas de las sequías. (En línea). Consultado 2 ago. 2022. Disponible en: <https://es.ucsusa.org/recursos/la-conexion-entre-las-sequias-y-el-cambio-climatico>
- Valdez, P. Sf. Recolección en techos. (En línea). Consultado 5 oct. 2022. Disponible en: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion-4/recolecci%C3%B3n-en-techos#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20recolecci%C3%B3n%20de,duran%20la%20temporada%20de%20lluvias.>
- Water Logic. 2016. ¿Qué factores determinan la calidad el agua? (En línea). Consultado 15 oct. 2022. Disponible en : https://www.waterlogic.es/blog/que-____factores-determinan-la-calidad-del-agua/#:~:text=Par%C3%A1metros%20para%20determinar%20la%20calidad%20de%20la%20agua&text=F%C3%ADculos%3A%20Incluyen%20el%20sabor%2C%20olor,d%20carb%C3%B3n%20org%C3%A1nico%20en%20suspensi%C3%B3n.

X. ANEXOS



Anexo 1. Estructura donde se estableció el Sistema de Cosecha de agua lluvia en Finca Flor de Lis, Santa Ana.



Anexo 2. Unión de las partes que conforman el canal liso de PVC



Anexo 3. Colocación del Canal liso de PVC para el sistema de cosecha de agua lluvia en Finca Flor de Lis Santa Ana.



Anexo 4. Colocación de plástico sobre el barril para evitar contaminación del agua



Anexo 5. Sistema de cosecha de agua lluvia desde estructuras de techo Finca Flor de Lis, Santa Ana



Anexo 6. Toma de parámetros al agua lluvia cosechada con sonda multiparamétrica.



Anexo 7. Toma de muestra de agua lluvia para análisis microbiológico .



Anexo 8. Toma de muestra de agua lluvia para análisis físico químico .



Anexo 9. Traslado de muestras de agua lluvia a laboratorio

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Canal Liso de PVC alto caudal	1	\$23.95	\$23.95
Adaptador hembra PVC1.1/2pulg	2	\$1	\$2
Codo liso PVC 90°2pulg	1	\$1.60	\$1.60
Codo PVC 3 bocas	1	\$1.80	\$1.80
Tee PVC	1	\$3.20	\$3.20
Tapaderas para canal PVC	2	\$3.10	\$6.20
Reductor PVC	2	\$0.85	\$1.70
Tubo drenaje PVC 2pulg	2	\$7.75	\$15.50
Filtro Arkal	1	\$50	\$50
Barril	1	\$30	\$30
		Costo Total	\$135.95

Anexo 10. Presupuesto sistema de cosecha de agua lluvia



CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL
"Enrique Álvarez Córdova"
Laboratorio de Tecnología de Alimentos

CENTA
CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL

FECHA DE EMISIÓN: 24/10/2022	NOMBRE DEL CLIENTE: Mariella René Burgos Bonilla	
NOMBRE DE LA MUESTRA: Agua de barril.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 14/10/2022	FECHA DE RECEPCIÓN: 14/10/2022	FECHA DE ANÁLISIS: 17/10/2022
MUESTREADO POR: Cliente	TRASLADO DE LA MUESTRA: Cliente	TIPO ANÁLISIS: Microbiológico
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA: Agua incolora e inodora. No hay precipitación de sólidos.		

CÓDIGO	PARÁMETRO	TÉCNICA	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES MAXIMOS*
LTA012	Recuento de Coliformes	Técnica de Placas Petrifilm	7	UFC/100 mL	0 UFC/100 mL
LTA013	Recuento de Bacterias Aerobias	Técnica de Placas Petrifilm	MNPC	UFC/ mL	100 UFC/ mL
LTA016	Determinación de <i>E. coli</i>	Técnica de Placas Petrifilm	Ausencia	UFC/100 mL	0 UFC/100 mL

*Norma Salvadoreña NSO 13.07.01.08 Para Agua y Agua Potable (Segunda Actualización). Técnica Filtración por membrana.

UFC: unidad formadora de colonia,

mL: mililitro

MNPC: Muy numeroso para contar.

ANÁLISIS DE RESULTADO:

El valor de coliformes obtenido en la muestra analizada, sobrepasa el límite establecido por la Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:08, por lo que no es apta para consumo humano.

Ing. Jared López
Analista

San Andrés, 24 de octubre del 2022



Inga Aurora Valle
Coordinadora de Laboratorio
de Tecnología de Alimentos

Anexo 11. Resultados del análisis microbiológico realizado en CENTA.



LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

labquimica@centa.gob.sv / grecia.henriquez@centa.gob.sv

San Andrés, 3 de noviembre de 2022.

DATOS GENERALES

Solicitante: **Mariela René Burgos Bonilla**
Muestra: **Agua lluvia**

Muestra N°	620P
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Agua lluvia
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	14/10/2022
FECHA DE RECIBIDA	14/10/2022
PROCEDENCIA	Cantón Las Aradas, Santa Ana
LUGAR DE CAPTACION	Barril a través de canal
PROPIETARIO	Mariela René Burgos Bonilla
pH	
CONDUCTIVIDAD $\mu\text{mhos/cm}$	
CARBONATOS mg/L	0
BICARBONATOS mg/L	10
CLORUROS mg/L	4.72
SULFATOS mg/L	
CALCIO mg/L	1.706
MAGNESIO mg/L	0.137
DUREZA TOTAL como CaCO_3 mg/L	4.820
SODIO mg/L	0.690
POTASIO mg/L	-----
BORO mg/L	-----
HIERRO mg/L	<1
COBRE mg/L	ND
MANGANESO mg/L	ND
ZINC mg/L	<1

Químico Analista: Ing. Grecia de Chávez


Inga. Grecia Henríquez de Chávez
Jefa del Laboratorio de Química Agrícola

