

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas



**Elaboración de guía técnica para la cosecha de agua lluvia para
el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la
biosfera Apaneca – Ilamatepec, Juayúa 2021**

Por

Edgard Sigfredo Martínez Estrada

Ciudad Universitaria, marzo 2022

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



Elaboración de guía técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Juayúa 2021

Por

Edgard Sigfredo Martínez Estrada

Requisito para optar al título de:

Ingeniero Agroindustrial

Ciudad Universitaria, marzo 2022.

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 MARTINEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO

AMBIENTE

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

ASESOR O DOCENTE DIRECTOR

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

TRIBUNAL CALIFICADOR

ING. MSc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ING. MAECE NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

ING. MAECE NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado primeramente a Dios por ser quien me ha guiado durante todo el camino, a mi familia que a pesar de todas las adversidades que se han presentado a lo largo del tiempo siempre han estado brindando el apoyo para culminar los estudios universitarios, y a todas las personas que han sido parte esencial en la formación del carácter personal y académica.

Además, una dedicatoria especial a mi madre que actualmente está pasando por un difícil proceso de salud, y a pesar de todo, esta continuamente motivando e incentivando la culminación del proceso académico.

Agradecimientos

Agradezco a la planta docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por ser facilitadores de conocimientos científico necesarios y esenciales para el buen desempeño profesional en el área laboral.

A mis padres que día con día generan ese entusiasmo y ese apoyo para lograr las metas trazadas en la vida, mis hermanos, siendo un apoyo incondicional en todos los años de estudio. Leticia Romero, un pilar fundamental dentro de la familia. Priscila Monroy, parte fundamental en el desarrollo, apoyo y cumplimiento de logros.

Y a toda la familia que están presentes o que se adelantaron hacia el seno del señor que de una u otra manera han sido parte fundamental dentro de la formación profesional y personal.

Y por último y no menos importante, el Alma mater de la Universidad de El Salvador, por ser una institución con formación profesional de primera calidad.

“Hacia la Libertad por la Cultura”

Índice General

Contenido	Pag
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. ESTADO DEL ARTE.....	5
5. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
5.1. Ciclo Hidrológico.....	7
5.2. Precipitación.....	9
5.3. Cambio climático.....	10
5.4. Agua en las familias rurales.....	10
6. METODOLOGÍA.....	14
6.1. Descripción del lugar de estudio.....	14
6.2. Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.....	14
6.3. Tipo de investigación.....	15
6.4. Metodología de oficina.....	15
6.5. Metodología de campo.....	15
6.6. Selección del lugar.....	15
7. RESULTADOS.....	16
7.1. Estimación de demanda hídrica las familias.....	16
7.2. Caracterización de las unidades habitacionales del Caserío el Centenario, Cantón Buenos Aires.....	16
7.3. Agro climatología de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec.....	19
7.3.1. Clima.....	22
7.3.2. Temperatura media del mes más cálido:.....	22
7.3.3. Temperatura media del mes más frío:.....	22
7.3.4. Media de precipitaciones anuales:.....	23
7.3.5. Geología, geomorfología y suelos:.....	24
7.4. Guía técnica para la cosecha de agua lluvia en las familias.....	24

8. CONCLUSIONES.....	26
9. BIBLIOGRAFÍA.....	27
10. ANEXOS.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Contenido de agua en la superficie de la tierra.....	9
Cuadro 2. Sectores de la biosfera Apaneca - Ilamatepec.....	19
Cuadro 3. Precipitación total mensual, Periodo Húmedo y Seco. El Salvador.....	24

Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.....	7
Figura 2. El Sistema Climático.....	7
Figura 3. Representación del ciclo hidrológico.....	8
Figura 4. Principales tipos de precipitación.....	9
Figura 5. Mapa de ubicación, Caserío El Centenario, Cantón Buenos Aires, Juayua.....	14
Figura 6. Cosecha de agua lluvia, Cantón Buenos Aires.....	18
Figura 7. Conformación departamental de la reserva de la biosfera Apaneca - Ilamatepec.....	20
Figura 8. Zonas Sectoriales de la reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec.....	21
Figura 9. Mapa de ubicación geográfica, zona de estudio.....	23
Figura 10. Guía Técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico.....	25

Índice de Anexos

Anexo 1. Gira de observación.....	30
Anexo 2. Gira de observación a familias de la zona rural de Juayua.....	31
Anexo 3. Guía técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, El Salvador.....	38

Resumen

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido de abril a diciembre de 2021, siendo el lugar de ejecución del estudio de caso, Caserío el Centenario, Cantón Bueno Aires del municipio de Juayua departamento de Sonsonate y aplicadas para la zona de la Reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec. La investigación fue enfocada en la elaboración de guía técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec. De lo cual se eligió el lugar para realizar el estudio de caso con el propósito de estimar la demanda hídrica de las familias del caserío que actualmente tienen una disponibilidad de agua de 89.22 litros de agua al día, siendo 22.30 litros al día por persona; Generando un déficit de agua comparado con el requerimiento según la OMS del -55.40% en la época seca del año. Caracterizar las unidades habitacionales de los pobladores y determinar la precipitación promedio en la reserva de la biosfera, posterior a esto se elaboró una guía técnica para la aplicación de las metodologías de cosecha de agua lluvia, cálculos de área aprovechable, cálculo de volumen de almacenamiento ideal. Dicha investigación, por su lugar de ejecución se considera bibliográfica, esto por la existencia de investigaciones pasadas relacionadas al tema, por el tiempo de investigación se considera transversal, aportando conocimientos gnoseológicos. Se plantea que la cosecha de agua lluvia a través de la metodología de captación de agua lluvia en techos aumenta la calidad de vida y la sostenibilidad de los ecosistemas de las familias rurales en el municipio de Juayua.

Abstract

The present research work was carried out in the period from April to December 2021, being the place of execution of the case study, Caserío el Centenario, Cantón Bueno Aires of the municipality of Juayua department of Sonsonate and applied to the area of the Apaneca - Ilamatepec Biosphere Reserve. The research was focused on the elaboration of a technical guide for the harvesting of rainwater for the domestic use of rural families in the Apaneca - Ilamatepec biosphere reserve. From which the place was chosen to carry out the case study with the purpose of estimating the water demand of the families of the village that currently have a water availability of 89.22 liters of water per day, being 22.30 liters per day per person; Generating a water deficit compared to the requirement according to the WHO of -55.40% in the dry season of the year. Characterize the housing units of the inhabitants and determine the average rainfall in the biosphere reserve, after this a technical guide was developed for the application of rainwater harvesting methodologies, calculations of usable area, calculation of ideal storage volume. Said investigation, due to its place of execution, is considered bibliographic, this due to the existence of past investigations related to the subject, due to the time of investigation it is considered transversal, contributing gnoseological knowledge. It is proposed that the harvesting of rainwater through the methodology of collecting rainwater on roofs increases the quality of life and the sustainability of the ecosystems of rural families in the municipality of Juayua.

1. INTRODUCCIÓN

La lluvia, como una fuente de vida; para saciar la sed de las plantas, cultivos, animales y los seres vivos, según su intensidad puede causar inundaciones o sequía en toda su zona de influencia. La cosecha de agua lluvia se genera de una practica adquiridas por las necesidades desde tiempos antiguos. Los sistemas elaborados de cosecha de aguas lluvias, transporte y almacenamiento, han sido documentados desde la Edad del Bronce en la civilización minoica en Grecia (de ca. 3500 aC); la civilización del Valle del Indo (3000-1500 aC); los mayas en Centroamérica (de 2000 aC) o posteriormente los Incas en Perú (desde 1200).

La falta de suministro de agua potable por medio de distribución de cañerías genera la necesidad de implementar y adaptar practicas ancestrales, que satisface las necesidades del suministro de agua diario de las familias de la zona de la reserva de la Biosfera Apaneca Iamatepec. Construyendo y generando prácticas para la cosecha de agua lluvia, tecnologías apropiadas de bajo costo que ayuden a la captación, almacenamiento y posterior tratamiento del agua para el uso doméstico y consumo humano. Así evita de gran manera el escurrimiento de las aguas pluviales, proporcionando una fuente de agua limpia y gratuita.

El diseño, construcción y puesta en marcha depende de un análisis integral y técnico de los diferentes factores que tienen un impacto en la aplicación de estas metodologías, de las cuales se mencionan las más importantes, la precipitación mensual, áreas aprovechables, estructuras de almacenamiento y tratamiento de agua para el consumo humano.

El presente documento tiene como objetivo elaborar una guia tecnica para la cosecha de agua para el uso domestico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Iamatepec.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de recurso hídrico, como recurso vital para la producción vegetal, animal y la sobrevivencia del ser humano como parte esencial de las funciones metabólicas de los seres vivos, se ha visto afectado drásticamente por diversos factores en el Planeta tierra; El Salvador, teniendo la tasa de disponibilidad de agua dulce más baja per cápita en toda América Central. Si el 95% de los ríos presentan altos nivel de contaminación ambiental y la calidad del agua es mala; solo un porcentaje muy pequeño aún es susceptible de sostener vida, eso pone en duda el tipo de agua que consumimos día con día, según datos aportados por el Ministerio de Medio Ambiente; El agua es un recurso extremadamente vulnerable en El Salvador, especialmente a la luz de la creciente demanda residencial, agrícola e industrial.

La precipitación promedio anual de El Salvador es de 1,784 mm/año. Según la Asociación Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés) el país en el 2009, con 3,177 m³/per cápita, es el único en la región centroamericana que se encuentra con una tendencia cercana a una situación de estrés hídrico (1,700 m³ per cápita por año), lo que lo sitúa entre los países en Latinoamérica y el Caribe con más baja disponibilidad de agua por habitante. A esto hay que agregar que, según los análisis de las estaciones de monitoreo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en el año 2011, solo el 12% tienen una calidad ambiental “buena”.

Adicionalmente, del lado del abastecimiento, y pese a la lluvia moderada y en ocasiones abundante, su distribución parcializada a lo largo del año y las condiciones inadecuadas para almacenar el agua y regular su flujo, limitan la disponibilidad de los recursos. Adicionalmente, el cambio en el uso de la tierra y la contaminación están causando una reducción en la disponibilidad del agua.

Actualmente en el país existe una población de más de seis millones de habitantes y de acuerdo a estadísticas de ANDA hasta el 2006 solo el 65% de la población a nivel nacional tenía acceso al agua potable dentro o fuera de la vivienda; sin embargo, se reporta que el área rural la cobertura de agua potable solo es del 34.4% a nivel nacional. La falta de acceso y mala calidad del agua afectan la calidad de vida, la sostenibilidad de los agroecosistemas, la salud de la población y de los ingresos de los diferentes sectores, y la soberanía alimentaria de las familias rurales, ya que las personas pobres del área rural dedican un porcentaje de su tiempo productivo para el abastecimiento de agua a sus viviendas.

La cosecha de agua lluvia a través de la metodología de captación de agua lluvia en techos aumenta la calidad de vida y la sostenibilidad de los ecosistemas de las familias rurales en el municipio de Juayua

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Elaborar guía técnica para la cosecha de agua para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

3.2. Objetivos específicos

- Estimar de demanda de hídrica de familias en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec
- Caracterizar las unidades habitacionales de los pobladores y precipitación en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec
- Elaborar de guía técnica para la cosecha de agua lluvia en familias

4. ESTADO DEL ARTE

El agua es un recurso vital para la producción vegetal y animal. Los seres vivos están más adaptados a sobrevivir con escasez de alimentos que con falta de agua. (FAO et. al. 2013)

De acuerdo a las Naciones Unidas, el 28 de julio de 2010 la Asamblea General de la ONU, reconoció explícitamente el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento, a través de la resolución 64/294, reafirmando que “el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos”. (ONU 2010)

El agua es un elemento primordial para promover la salud de la población. La Organización Mundial de la Salud Cantidad de Agua Doméstica- Nivel de Servicio y Salud” (WHO/SDE/WSH/03.02) se establece diversos niveles de servicio de acceso a agua y la relación entre litros por persona por día, la distancia entre la vivienda y la fuente de agua en metros o minutos, y su relación con la promoción de la salud (OMS 2003)

En las zonas áridas y semiáridas, las lluvias son escasas y de frecuencia irregular. Las lluvias intensas, que se producen particularmente en zonas tropicales, ocasionan grandes escorrentías eventuales que causan inundaciones y erosión sobre las tierras casi desprovistas de vegetación que atenúe estos efectos. Las recientes sequías ocurridas en diversas partes del mundo han destacado los riesgos para seres humanos y animales en las zonas rurales. (FAO y PNUD 2000)

La cosecha de agua lluvia no es una práctica moderna, ha sido usada desde tiempos antiguos. Los sistemas elaborados de cosecha de aguas lluvias, transporte y almacenamiento, han sido documentados desde la Edad del Bronce en la civilización minoica en Grecia (de ca. 3500 aC); la civilización del Valle del Indo (3000-1500 C); los mayas en Centroamérica (de 2000 aC) o posteriormente los Incas en Perú (desde 1200). (GWP 2016)

La implementación de “cosecha de agua “como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales partiendo de un principio de desarrollo desde las propias capacidades y potencialidades de los actores locales (JICA 2015)

El cambio de paradigma desde una “gestión de caudales” hacia una “gestión de las aguas de lluvia” abre enormes perspectivas de desarrollo hídrico-productivo. Esto implica transitar desde una mirada a la gestión de caudales de fuentes superficiales que ya no son del todo regulares o previsibles, hacia una gestión del manejo del territorio local para la intercepción, retención y regulación de las aguas de lluvia (MINAGRI 2016)

Una de las soluciones para enfrentar el problema de la escasez de agua que pusieron en marcha las mujeres de las comunidades de Guatemala fue aprovechar de manera eficiente el agua de lluvia, siguiendo una tradición milenaria que se practica desde hace 5.000 años. (Fundación Guatemala y Huairou 2015)

La cosecha de agua de lluvia es una práctica de bajo costo que requiere un mínimo de conocimiento para su instalación, proporcionando múltiples beneficios. Este sistema puede ser usado como una fuente principal durante el periodo de lluvia o puede ser complementario a otras fuentes de agua. Para el diseño del sistema se debe definir la cantidad de agua de lluvia disponible, determinada por la intensidad de la lluvia (milímetros de precipitación) y la duración de la temporada de lluvia a lo largo del año (CONAGUA 2016).

Seguidamente, se define la cantidad de agua que se requiere, ya sea a nivel familiar o comunitario, y se determina el lugar de almacenamiento. Existe una herramienta desarrollada por organizaciones de México que funge como soporte técnico y de cálculos básicos de estos sistemas (CÁNTARO AZUL et al. 2017).

La técnica de recolección de agua de lluvia en techos se considera una tecnología bastante flexible y de bajo costo. Al combinarse con un tanque de almacenamiento adecuados, puede proveer agua suficiente y de calidad durante la temporada de lluvias. Durante la temporada de secas puede ser también fuente de agua principal (según la cantidad de lluvia y la capacidad de almacenamiento) aunque generalmente funciona como fuente complementaria. Puede utilizarse en contextos urbanos, poblaciones rurales y rurales dispersos para soluciones a nivel familiar y/o comunitario, utilizando techos de construcciones públicas, como son: escuelas, canchas deportivas, talleres y oficinas además de las viviendas. (Cisneros 2020)

El tanque de almacenamiento agua de lluvia permite tener acceso a agua cercana al punto de uso, en el tiempo y en la cantidad que se requiere. Puede estar construido sobre el nivel del suelo o por debajo de éste (cisternas) y ser de materiales tales como plástico (que no trasmitan olores ni sabores al agua), ferrocemento, tabique o block. Uno de los mayores retos al instalar este sistema consiste en disminuir el costo de los materiales y de construcción. (Ordoñez 2011)

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Ciclo Hidrológico

Toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo (Figura 1). El desarrollo de la ciencia y de la tecnología para uso y manejo del agua deben orientarse a la búsqueda de un mejor aprovechamiento de este recurso en sus diversas fases y formas dentro del ciclo hidrológico. (FAO et al. 2013)

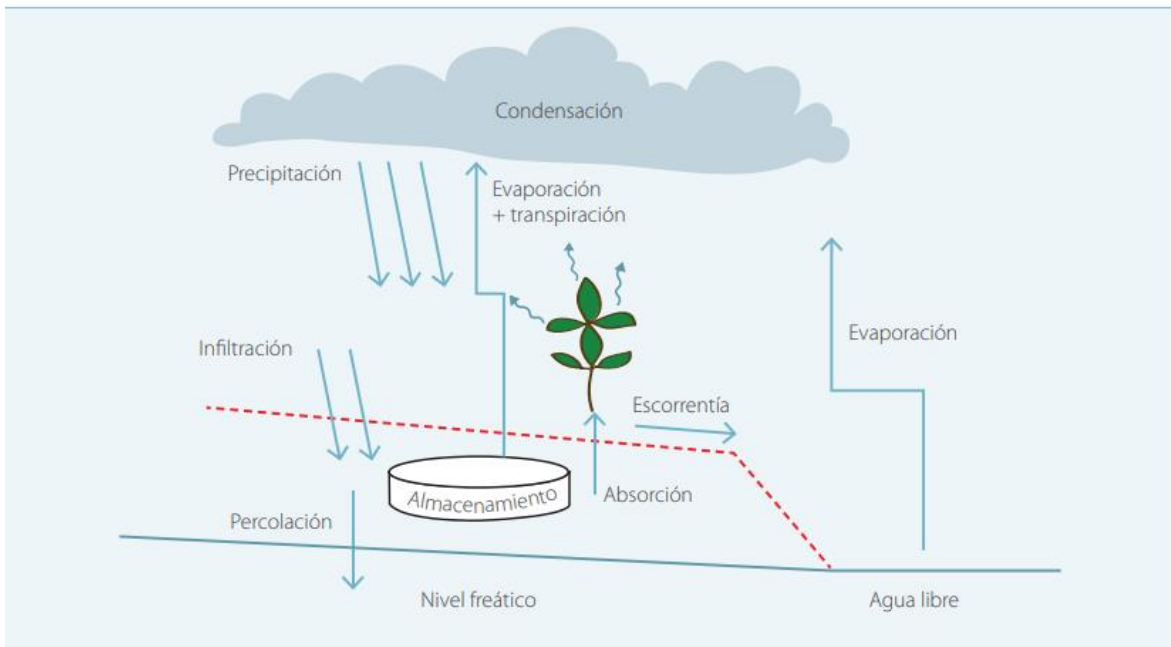


Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.

Fuente: Tomado de FAO et al. 2013

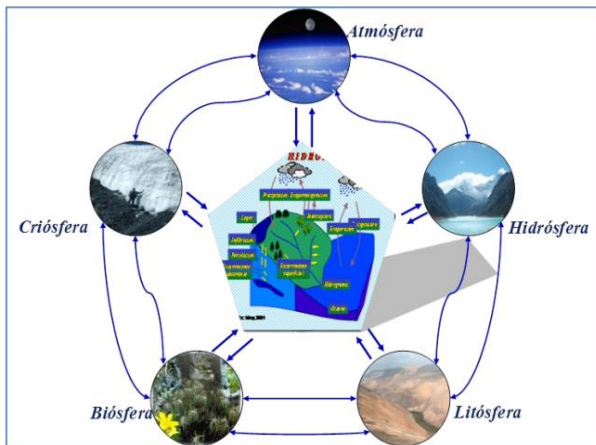


Figura 2. El Sistema Climático

Fuente: Tomado de Ordoñez 2011

El ciclo hidrológico, es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera, Litósfera, Hidrosfera, lo que se denomina Sistema Climático (ver figura 2).

Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación (Figura 3).

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). (Ordoñez 2011)

Según Chereque (1989) se entiende como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (superficial, subsuperficial, subterránea, etc.).

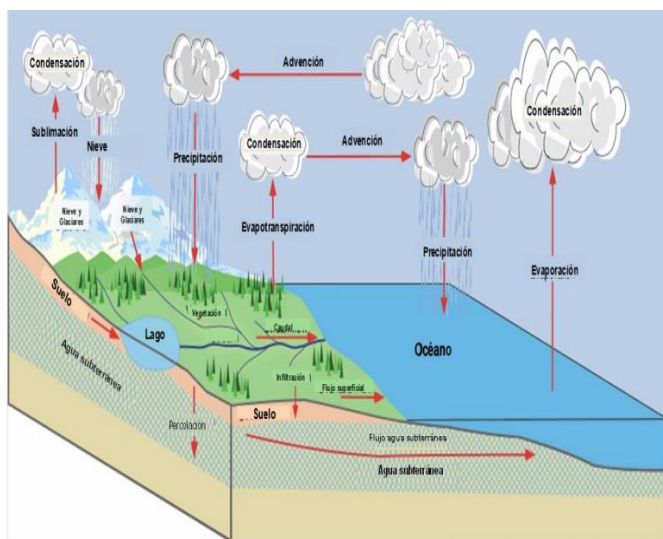


Figura 3. Representación del ciclo hidrológico

Fuente: Adaptado de Ordoñez 2011

El agua en la Tierra puede ser almacenada en cualquier uno de los reservorios siguientes: Atmósfera, Océanos, Lagos, Ríos, Suelos, Glaciares, Campos de Nieve, y las Aguas Subterráneas.

El agua en nuestra atmosfera se mueve desde un depósito o reservorio a otro, a través de los diferentes procesos entre los cuales tenemos: Evaporación, Condensación, Precipitación, Sedimentación, Escorrentía, Infiltración, Sublimación, Transpiración, Fusión, y flujo de agua subterránea. (Chereque 1989)

Los océanos, suministran la mayor parte del agua como producto de la evaporación. De esta agua evaporada, sólo el 91% es devuelto a las cuencas oceánicas por medio de la precipitación. El 9% restante se transporta a las zonas continentales donde los factores climatológicos inducen la formación de la precipitación. El desequilibrio resultante entre la tasa de evaporación y precipitación, sobre la tierra y el océano, se corrige por la escorrentía y el flujo de agua hacia los océanos. El suministro de agua del planeta está dominado por los océanos (Cuadro 1). Aproximadamente el 97% de toda el agua en la Tierra está en los océanos. El otro 3% se mantiene como el agua dulce en los glaciares y capas de hielo, las aguas subterráneas, lagos, suelos, la atmósfera, y dentro de la vida. (Pidwirny 2006)

Cuadro 1. Contenido de agua en la superficie de la tierra.

Reservorios	Volúmen (cubic km x 1,000,000)	Porcentaje
Océanos	1370	97.25
Glaciares	29	2.05
Agua subterránea	9.5	0.68
Lagos	0.125	0.01
Suelos húmedo	0.065	0.005
Atmósfera	0.013	0.001
Ríos	0.0017	0.0001
Biosfera	0.0006	0.00004

Fuente: Tomado de Pidwirny 2006

5.2. Precipitación

Para Musy (2001) Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental.

Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. Los varios procesos termodinámicos son convenientes para realizar la saturación de las partículas atmosféricas inicialmente no saturadas y causar su condensación:

- Saturación y condensación isobárica (a presión constante),
- Saturación y condensación por presión adiabática,
- Saturación y condensación por presión de vapor de agua,
- Saturación por mezcla y turbulencia.

Existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales, tal como se puede apreciar en la Figura 4. (Musy 2001).

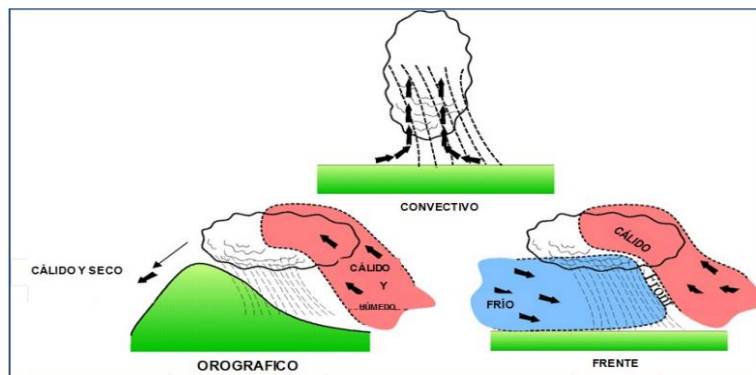


Figura 4. Principales tipos de precipitación.

Fuente: Tomada de Musy y André 2001

5.3. Cambio climático

El ciclo hidrológico local se encuentra determinado en gran medida por condiciones globales o de carácter regional: posición (latitud, altitud), insolación, vientos, orografía, geología, tipos de suelo y de terreno, cobertura vegetal, entre otros factores. Con la llegada del cambio climático, que se traduce en un aumento de las temperaturas medias terrestres, se agudizan los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo (IPCC y ONU 2007).

Posibles cambios en el ciclo hidrológico causados por el cambio climático.

- Disminución de la precipitación total anual.
- Disminución del número de eventos de lluvia (distribución más errática).
- Aumento de la energía de las precipitaciones, con posible agravamiento de los problemas (crecidas, inundaciones y erosión de las tierras).
- Aceleración de la escorrentía por disminución de la precipitación sólida (nieve).
- Aumento de la evapotranspiración, lo que incrementaría la aridez de la zona.
- Reducción en la recarga de las napas con la consiguiente caída de sus niveles.
- Mayor arrastre de sedimentos.
- Aumento de la contaminación por menor capacidad de dilución de efluentes y riles (residuos industriales líquidos).

5.4. Agua en las familias rurales

Según la FAO (2013) La finca es un sistema hídrico que puede recibir agua de diferentes fuentes (entradas al sistema)

- Precipitación (lluvia);
- Capa freática, tabla freática o agua subterránea (pozos o humedales);
- Derivaciones de caudales de riachuelos (quebradas, arroyos), ríos, lagos y embalses;
- Elevada humedad de la atmósfera junto a la superficie (niebla);
- suministro por medio de proyectos de distribución de agua, privados o públicos, a partir de fuentes superficiales o subterráneas.

La lluvia es el medio más común y sin costo de aporte de agua en la finca. A pesar de que la lluvia se distribuye naturalmente por toda el área y sin costo, el agricultor no tiene control sobre su volumen, frecuencia o distribución geográfica. En este sentido, la lluvia es un fenómeno natural totalmente aleatorio, aunque se puedan establecer parámetros estadísticos sobre su comportamiento para una determinada zona, a partir de su ocurrencia histórica y de modelos de predicción.

La utilización de técnicas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia se hace más necesaria en la medida que:

- El patrón de ocurrencia de lluvias, en términos de volumen precipitado, está en el límite inferior o por debajo de la cantidad requerida por los diferentes tipos de uso en la finca;
- su distribución temporal es variable con la estación del año;
- su distribución es incierta (patrón poco definido), pudiendo haber excesos y déficits en diferentes periodos o estaciones.

De otro lado, el agua sale de la finca por los siguientes medios (salidas del sistema):

- agua de lluvia que no logra infiltrarse y forma escorrentía;
- percolación profunda, fuera del ambiente radicular de las plantas;
- evaporación de las superficies de agua libre o de las superficies húmedas (suelo y plantas);
- transpiración de las plantas.

Si la intensidad de la precipitación es superior a la velocidad de infiltración de la superficie donde cae, habrá un volumen sobrante de agua que escurrirá sobre la misma. Si este volumen no es inmediatamente retenido y almacenado, se escurre causando daños por arrastre de suelo, semillas, plantas jóvenes, etc. Las superficies porosas como el suelo son permeables y producen menos escorrentía que las superficies poco permeables o impermeables (patios y techos, por ejemplo), las cuales producen mucha escorrentía a ser cosechada. (FAO 2013)

5.5. Estrategias de uso racional del agua

El agua es un recurso natural limitado, de utilización amplia y esencial para la vida, cuya pérdida de calidad puede ocurrir fácil y rápidamente, razón por la cual debe ser preservada en cualquier circunstancia de suministro que se presente. Si el agua del planeta cumple un ciclo, no utilizarla de manera racional significa tener problemas en otras fases del ciclo, en la actualidad o en el futuro

El “uso racional, optimizado y responsable” del agua debe incluir las siguientes estrategias o acciones:

- Utilización del volumen mínimo necesario para satisfacer las diferentes necesidades, sin desperdicio.
- Desarrollo de sistemas productivos con especies de plantas y animales que necesitan menos agua o que presentan mayor eficiencia en su utilización (más productos, servicios o beneficios con mayor valor agregado por volumen de agua consumido).
- Observar una escala de prioridad de uso (consumo humano, consumo animal de producción, riego de plantas de autoconsumo, riego de plantas de producción comercial y otros usos) y priorizar actividades de beneficio colectivo, más que de beneficio individual.

- Uso múltiple del agua: utilizar el mismo volumen de agua para obtener beneficios en dos o más actividades.
- Evitar la contaminación en su utilización y entregar el agua residual con igual o mejor calidad que el agua recibida.
- Prevención y control de excedentes hídricos que causan daños a los sistemas productivos y a la vida, como la erosión hídrica y las inundaciones.
- Captación y aprovechamiento del agua disponible en los volúmenes que satisfagan las necesidades, posibilitando que los excedentes estén disponibles para otros usuarios.
- Compartir el agua disponible.
- Respetar la legislación que regula el uso del agua en cada provincia, país o región. (FAO 2013)

5.6. Balance de agua para el uso domestico

Según Brito *et al.* (2007) el volumen de agua para uso doméstico es la cantidad total de agua que se consume para atender las necesidades de las personas que habitan en la vivienda durante un determinado periodo (al día, semanal, mensual, anual, periodo seco total)

Para obtener el volumen de captación necesario, del volumen total calculado se debe sustraer el volumen que tal vez se disponga de otra fuente que no sea lluvia. Esta otra fuente podría ser un pozo o un sistema público de abastecimiento de agua por tuberías, pero no suficiente para hacer frente al consumo total, lo que justificaría cosechar agua de la lluvia para consumo doméstico.

El área de captación más recomendable para uso doméstico sería el techo de las viviendas y de otras construcciones de la finca (establos, galpones, etc.). También se pueden utilizar patios revestidos (mantas de plástico, hormigón, mampostería) o terrenos con lajas impermeables. No es conveniente utilizar los terrenos no revestidos para captar agua de lluvia con fines de uso doméstico, debido a la baja calidad y posibles problemas de contaminación del agua.

5.7. Reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec

5.7.1. Declaratoria.

La Reserva de la Biosfera Apaneca-Ilamatepec, certificada por la UNESCO en septiembre del 2007, se encuentra ubicada en el Nor Occidente de El Salvador, en los Departamentos de Sonsonate, Santa Ana y Ahuachapán, de la Cordillera de Apaneca Ilamatepec, con las coordenadas, Longitud N: 13°51'39.99" y Latitud O: - 89°43'37.39" y Tiene una extensión territorial de 59,056.108 ha

5.7.2. Municipios de la reserva.

Los municipios que forman parte del territorio de las reservas son: Ahuachapán, Apaneca, Atiquiza ya, Concepción de Ataco y San Pedro Puxtla. Departamento de Sonsonate: Armenia, Izalco, Nahuizalco, Juayúa, Salcoatitán, San Antonio del Monte, Santa Catarina Masahuat, Sonsonate y Sonzacate. Departamento de Santa Ana: Coatepeque, El Congo, Santa Ana y Chalchuapa.

5.7.3. Recurso hídrico.

El territorio de la Reserva de Biosfera Apaneca-Ilamatepec, se considera como una de las zonas más importantes de recarga hídrica de El Salvador. La integran ríos importantes como: Shutia, Cuguapa, Sensunapan, Ceniza, Bandera, Las Monjas.

Complementan las cuencas hidrográficas nacimientos y cuerpos de agua como: Siguapan, Atzumpa, Laguna Verde, Laguna Las Ninfas, Laguna de Las Ranas y Laguna de Cuscachapa, Lago de Coatepeque. (MARN 2017)

6. METODOLOGÍA.

6.1. Descripción del lugar de estudio.

El estudio se realizó con la información recopilada por quince bibliografías, generando la base científica descriptivas para realizar el estudio de caso en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Caserío El Centenario, Cantón Buenos Aires, Municipio de Juayua, departamento de Sonsonate (ver figura 5), coordenadas Latitud 13°52'49.2"N Longitud 89°44'55.1"W a una altura de 1,285 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 21.9°C, precipitación anual de 2253 mm y 3,294.73 horas de sol durante todo el año.

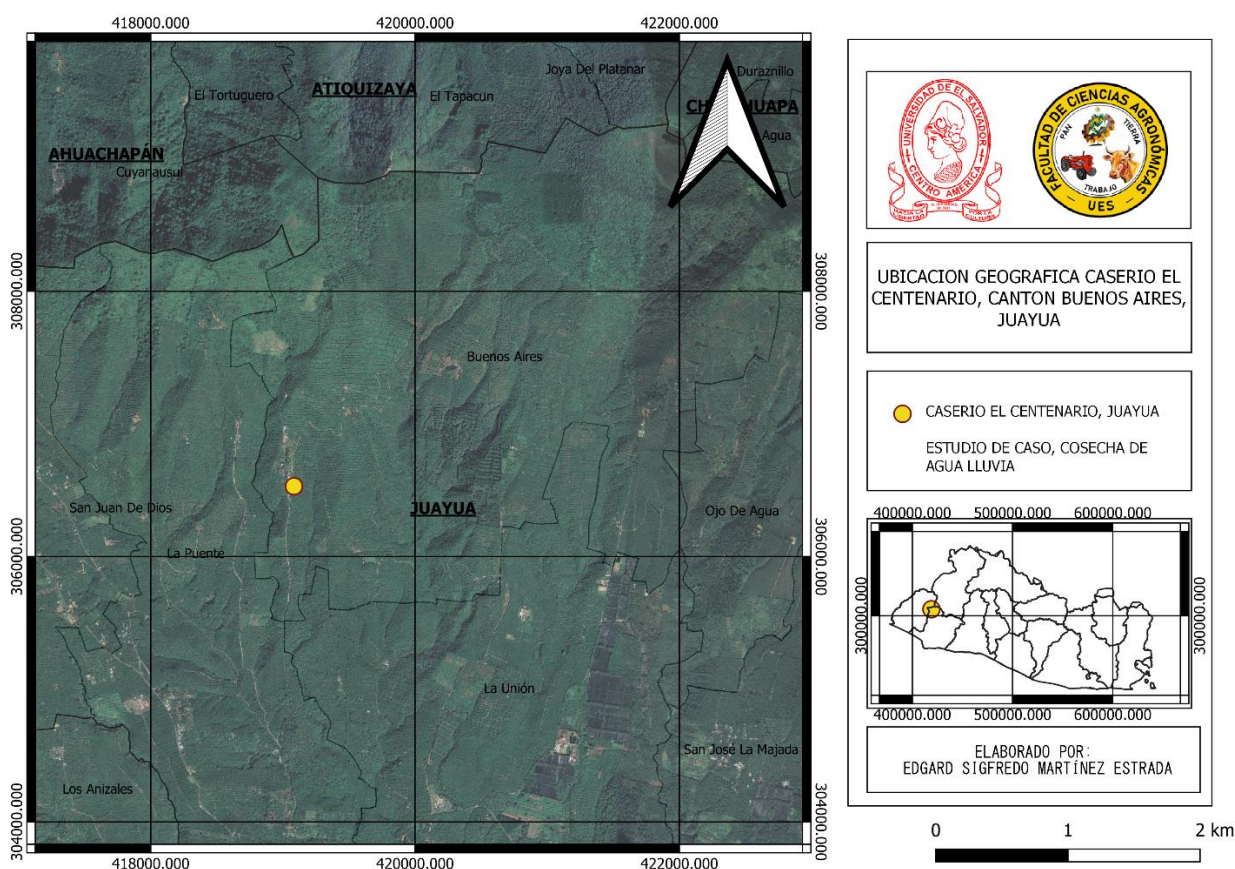


Figura 5. Mapa de ubicación, Caserío El Centenario, Cantón Buenos Aires, Juayua

6.2. Materiales, instrumentos y equipo de la investigación.

La investigación se generó a través de los siguientes materiales y instrumentos de investigación

Entrevista (ver anexo A-1)

GPS (Sistema de posicionamiento global)

Cinta métrica

Grabador de audio

Cámara fotográfica

Trasporte

Bibliografías

Equipo informático

ArGIS

Bases de datos de MARN

6.3. Tipo de investigación

La investigación en estudio, por el propósito se considera básica, ya que su objetivo es obtener datos; por el lugar de ejecución se considera bibliográfica, esto es por la existencia de investigación pasadas; por sus niveles de profundidad se considera exploratoria, por su búsqueda de información general, descriptiva; con un aporte a la sociedad gnoseológico, presentando resultados aplicados a la zona.

6.4. Metodología de oficina.

Elaboración del proyecto de investigación. Se realizó revisión bibliográfica aplicando metodología descriptiva de las técnicas de cosecha de agua lluvia a través de techos, consultando quince referencias bibliográficas referentes a los estudios, guías técnicas y manuales realizados en diferentes regiones, comparando y analizando metodologías aplicadas a la región de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec en el municipio de Juayua.

6.5. Metodología de campo.

Realizar estudio de caso para recolectar información del lugar, apoyado de una entrevista, como un instrumento de recolección de datos, aplicada a la familia, de lo que obtienen datos generales del lugar, información socioeconómica, descripción de las actividades de las familias, caracterización de las unidades habitacionales, y la geolocalización para la obtención de datos agro-climatológicos con la ayuda de base de datos y Software QGis

6.6. Selección del lugar.

El estudio de caso se realizó en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Caserío El Centenario, Cantón Buenos Aires, Municipio de Juayua, departamento de Sonsonate. Debido al difícil acceso que las familias de la comunidad tienen para abastecerse de agua para las labores cotidianas y el consumo humano, el lugar se encuentra a 1285 metros sobre el nivel del mar, paisajes montañosos y coordenadas Latitud 13°52'49.2"N Longitud 89°44'55.1"W, el sitio de estudio se caracteriza por ser fincas cooperativas productoras de café.

7. RESULTADOS

7.1. Estimación de demanda hídrica las familias

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, El derecho humano al agua y al saneamiento 2010) el consumo de agua de la vivienda por habitante está entre 50 y 100 l/Hab/día. Para el cálculo se utilizará el primer valor, es decir, dotación mínima de 50 l/Hab/día

Para las familias del Caserío el centenario en donde se tiene un promedio de 4 habitantes por familia se calcula que se necesita 200 litros de agua/día/familia para cumplir con las condiciones mínimas requeridas que establece la OMS.

7.2. Caracterización de las unidades habitacionales del Caserío el Centenario, Cantón Buenos Aires.

Las familias del caserío el Centenario, cantón Buenos Aires del Municipio de Juayua cuentan con unidades habitacionales con características que son fácilmente adaptables a las metodologías para la cosecha de agua lluvia. Y además cuentan con abastecimiento de agua en tanques comunitarios.

Se realizó un estudio de caso en el cual se visitó al Sr. Ricardo Alarcón, Miembro de la junta directiva comunal, de ocupación agricultor, el cual posee una vivienda de 48m² que está ubicada en los terrenos de la cooperativa cafetalera de la zona, construida con ladrillos de adobe, vigas de madera y techo de lámina, el área de techo aprovechable para la cosecha de agua cuenta con las dimensiones de 8 metros de largo por 6 metros de ancho, que abastece directamente dos tanques de polietileno de alta densidad color negro, con capacidad de 5,000 litros cada uno, en total 10,000 litros para el almacenamiento de agua para la familia Alarcón, además la vivienda cuenta con una prolongación en la parte frontal de 3 x 2 metros el cual abastece directamente una pila de 1,800 litros y dos barriles de 160 litros cada uno. En total la capacidad de almacenamiento para la familia es de 12,120 litros de agua. La disponibilidad de agua en los 180 días de la época seca que se genera en la zona es de 67.33 litros de agua diaria, de lo cual es utilizado por cuatro personas, teniendo una disponibilidad de agua por persona de 16.83 litros de agua al día para todas las actividades cotidianas que se genera, de las cuales se detalla de la siguiente manera, Consumo humano, Preparación de alimentos, limpieza de la vivienda, lavado de ropa, y consumo en mascotas domésticas y traspatio.

El Sr. Pedro Mendoza Méndez, miembro de la junta directiva comunal, explica los métodos para la cosecha de agua lluvia en los tanques comunales que sirven como segunda opción para las familias del caserío el Centenario, y los volúmenes distribuidos a cada familia inscrita en la asamblea general de la junta directiva.

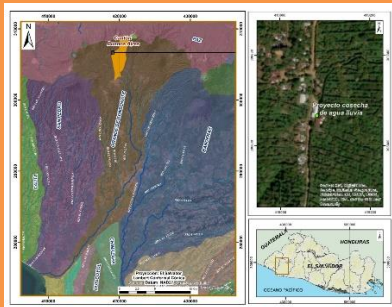
El caserío cuenta con un tanque principal que tiene la capacidad de captar 184,500 litros de agua, el segundo tanque tiene la capacidad de captar 56,775 litros y el tercer tanque con capacidad de 113,500 litros de agua. Se tiene una capacidad de captación de agua como

comunidad de 354,755 litros de agua al año, el abastecimiento de estos tanques se genera por las lluvias de la época lluviosa a través de los techos de las estructuras comunales que hay en la zona, tales como iglesias, casas comunales y mesones de las cooperativas, que se distribuye en 90 familias con un promedio de 4 personas por familia, en el cual la disponibilidad de agua de esta fuente al día en los 180 días de la época seca es de 21.89 litros/familia/ día, y la disponibilidad por habitante es de 5.47 litros/ día.

En total las familias con las dos fuentes de agua que poseen tienen una disponibilidad de agua de 89.22 litros de agua/día en la época seca. En su totalidad el 100% del agua disponible para las familias depende estrictamente de la cosecha de agua lluvia ya que por el momento no se tiene una alternativa viable para el abastecimiento de agua a la comunidad.



Cosecha de agua lluvia en las familias de Caserío el Centenario, Cantón Buenos Aires



Historia: Los habitantes de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Caserío El Centenario, en 2015 nace la cosecha de agua lluvia como una respuesta al desabastecimiento de agua que se generó en el Cantón Buena Vista. Debido a la falta de dominio de terrenos en donde cruzan los conductos principales de agua que recorren desde de la zona alta de la cordillera a los tanques de captación de agua del caserío que suministraba a la gran parte de las familias que residen en la zona.

Ubicación: Reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Caserío El Centenario, Cantón Buena Vista, Municipio de Juayua, departamento de Sonsonate, El Salvador

Experiencia: Los habitantes en la zona con la ayuda de diversas ONG han adaptado diferentes técnicas en donde se ha adaptado áreas útiles en los techos de las casas habitacionales y comunales para la captación de agua lluvia; durante toda la época lluviosa que se genera en el territorio nacional, aprovechando la precipitación estacional y fuerte precipitación concentrada de la zona (mayo a octubre). Debido a esta técnica los habitantes han logrado solventar parcialmente la necesidad básica del abastecimiento de agua en la época seca (noviembre a abril). Con limitación en el uso y manejo del agua recolectada esto debido a que en total cada familia tiene disponibilidad de 15,236 litros de agua en toda la época seca, teniendo un promedio de 4 personas en cada familia.

Características:

- **Altitud: 1285 msnm**
- **21.9 °C**
- **3,294.73 horas luz/ año**
- **2253.0 mm lluvia/año**

Beneficios: Gracias a las técnicas aplicadas y a la colaboración de diferentes ONG las familias de la zona tienen el abastecimiento parcial del suministro de agua con la técnica de cosecha de agua lluvia en casas habitacionales y áreas comunitarias para suplir todas las necesidades básicas, desde el consumo humano hasta las labores de higiene en general. Evitando el abastecimiento de a agua por medio de terceros. Teniendo la disponibilidad de 5,000 litros de agua por familia al año en los proyectos de las casas habitacionales y 6,825 litros de agua al año por familia en los tanques comunitarios.

Figura 6. Cosecha de agua lluvia, Cantón Buenos Aires

7.3. Agro climatología de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

El nombre de la Reserva de la Biosfera es un nombre compuesto que hace alusión a los dos sectores más preponderantes en el territorio de la Reserva. Apaneca, en idioma nahuatl significa "Chiflón" o "Corriente de viento", y se le llama Cordillera de Apaneca, al sector de volcanes más antiguos ubicados al oeste de la Reserva de la Biosfera. (ver figura 7)

El nombre Ilamatepec se da al Volcán de Santa Ana, un nombre también de origen nahuatl, que significa “Cerro de la Vieja”. La principal característica geomorfológica del área es el conglomerado o complejo volcánico de Santa Ana, del cual el Volcán de Santa Ana o Ilamatepec, constituye el núcleo además de ser el volcán más alto del país con 2,381 msnm. Los volcanes vecinales de Izalco, Cerro Verde, San Marcelino y otros, son “parasíticos” del volcán madre.

La biosfera se componen dos grandes zonas tampón (ver figura 8), la primera rodeando los Complejos Los Volcanes y San Marcelino y el Lago de Coatepeque, y la segunda rodeando las áreas protegidas asociadas a las Lagunas Verde, Las Ninfas y Las Ranas (ver cuadro 2)

Cuadro 2. Sectores de la biosfera Apaneca - Ilamatepec

Sector	Área de la zona núcleo	área en la zona tampón	Área en la zona de transición	Total
Oriental: abarca los complejos Los Volcanes y San Marcelino y alrededores del Lago de Coatepeque	3,601.8 Ha	16,618.2 Ha	7,098.8 Ha	27,318.7 Ha
Occidental: abarcando las Lagunas Verde, Las Ninfas y Las Ranas	378.5 Ha	9,231.0 Ha	22,127.9 Ha	31,737.4 Ha
Total	3,980.3 Ha	25,849.2 Ha	29,226.6 Ha	59056.1 Ha

Fuente: Adaptado de FUNDESYRAM y FIAES 2016.

Mapa de conformación departamental de la Reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec.



Figura 7. Conformación departamental de la reserva de la biosfera Apaneca - Ilamatepec

Fuente: Tomado de FUNDESYRAM y FIAES 2016.

Mapa de zonas sectorial de la reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec



Figura 8. Zonas Sectoriales de la reserva de la Biosfera Apaneca – Ilamatepec

Fuente: Tomado de FIAES y FUNDESYRAM 2016

7.3.1. Clima

La zona de estudio comprende un amplio rango altitudinal que va desde los 300 msnm hasta los 2,380 msnm, por lo cual posee varias regiones climáticas según la clasificación climática de Köppen:

- Clima Tropical de Alturas (CWb) entre los 2,380 y los 1,800 msnm.
- Clima Tropical de Alturas (CW) entre los 1,800 y los 1,200 msnm.
- Sabanas Tropicales Calurosas (AWb) entre los 1,200 y los 800 msnm.
- Sabanas Tropicales Calientes (Awb) entre los 800 y los 300 msnm.

7.3.2. Temperatura media del mes más cálido:

A una altitud de 2,300 msnm (Estación Meteorológica de Cerro Verde) la temperatura promedio de abril, el mes más cálido es de 15.5 °C, en la parte inferior del rango altitudinal la estación meteorológica de Izalco (ubicada a 450 msnm) en abril registra una temperatura promedio de 25 °C.

7.3.3. Temperatura media del mes más frío:

A una altitud de 2,300 msnm. (Estación Meteorológica de Cerro Verde) la temperatura promedio de diciembre, el mes más frío es de 14 °C, en la parte inferior del rango altitudinal la estación meteorológica de Izalco (ubicada a 450 msnm) en diciembre registra una temperatura promedio de 23 °C.

7.3.4. Media de precipitaciones anuales:

Según el MARN (2017). en el Caserío El Centenario, Cantón Buenos Aires, del municipio de Juayúa, Sonsonate, en las coordenadas Latitud 13°52'49.2"N Longitud 89°44'55.1"W; la precipitación promedio anual es de 2253 milímetros. Perteneciente a la Cuenca Grande de Sonsonate (ver figura 9). Dicha información se obtuvo de las isoyetas generadas de los datos de las estaciones meteorológicas del MARN de 1965 al 2012.

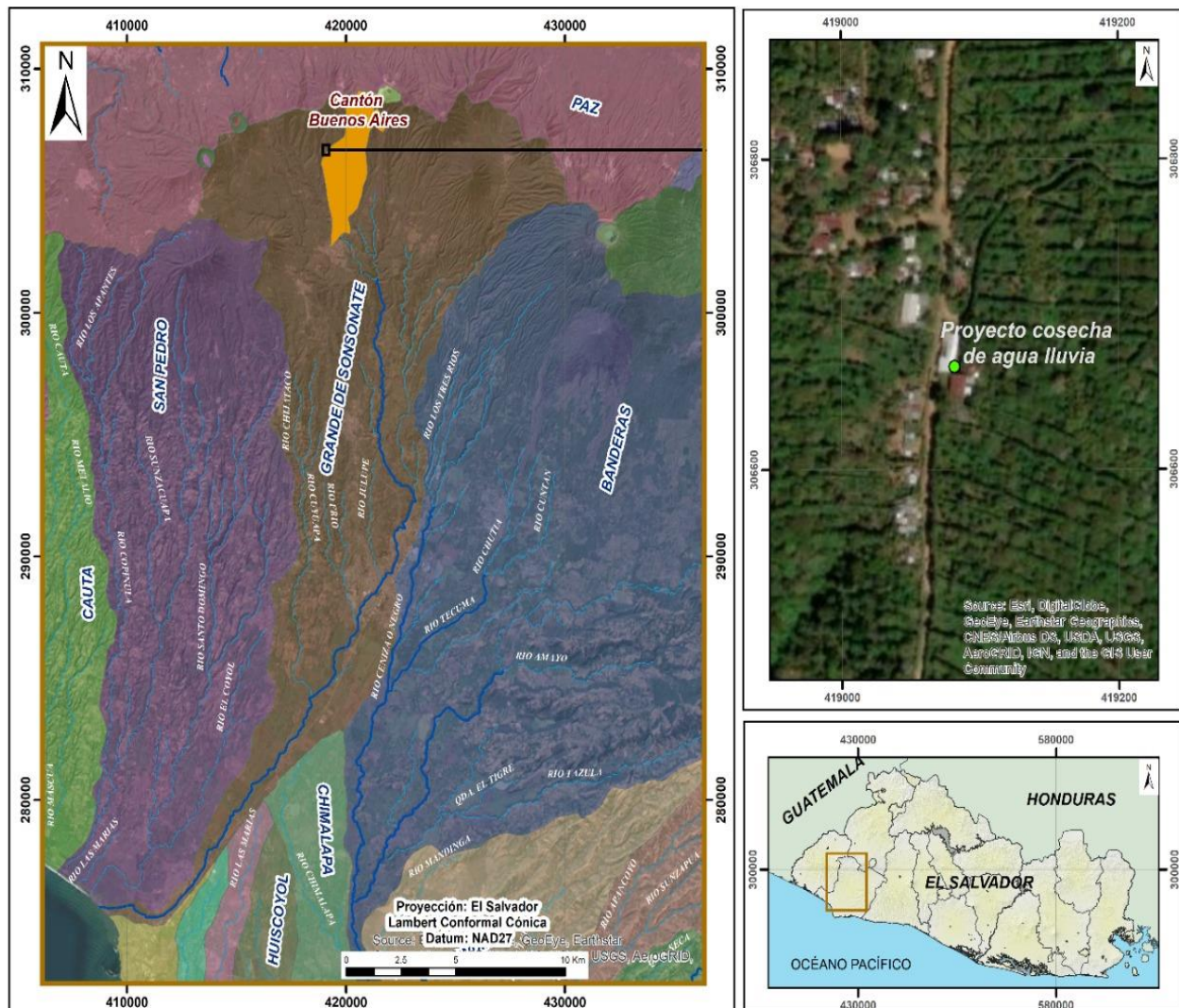


Figura 9. Mapa de ubicación geográfica, zona de estudio.

Fuente: Adaptado de MARN 2017

En la acumulación de la lluvia se distinguen dos periodos claramente diferenciados (ver tabla 3): el lluvioso de mayo a octubre, con una precipitación media de 1657 mm equivalente al 93 % de la lluvia total anual, y el seco de noviembre a abril, con una precipitación de 128 mm que representa el 7 % (ver cuadro 3). (MARN 2017)

Cuadro 3. Precipitación total mensual, Periodo Húmedo y Seco. El Salvador

Periodo	Precipitación total mensual (mm)												Total	
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	(mm)	(%)
Año	2	2	13	60	211	305	268	305	344	224	45	6	1785	
%	0%	0%	1%	3%	12%	17%	15%	17%	19%	13%	3%	0%		100%
Húmedo					x	x	x	x	x	x			1657	93%
Seco	x	x	x	x							x	x	128	7%

Fuente: Adaptado de MARN 2017

La estación lluviosa, por lo general, presenta dos picos máximos de lluvia y un mínimo entre éstos, siendo septiembre el mes más lluvioso seguido de junio y agosto. Septiembre viene asociado a una mayor ocurrencia de “temporales”, consecuencia de alteraciones en las condiciones atmosféricas y climáticas en el océano Pacífico, que producen dos o tres días con lluvias persistentes e intensas, que acumulan por lo menos 100 mm en 24 horas. La estación seca (de noviembre a abril) es determinada por la confluencia de factores orográficos, atmosféricos y oceanográficos que producen una disminución o ausencia de lluvias, constituyendo así el clima característico de la vertiente del Pacífico en América Central (MARN 2017)

7.3.5. Geología, geomorfología y suelos:

Según el Mapa Geológico de El Salvador (MARN 2000), la Reserva de la Biosfera Apaneca - Ilimatepec descansa sobre la formación San Salvador, una formación geológicamente nueva, de origen volcánico, que se extiende longitudinalmente a lo largo del país. Los materiales básicos que conforman el área se pueden dividir en efusivas basálticas, efusivas andesíticas y basálticas con piroclásticas, piroclásticas ácidas y epiclásticas volcánicas. También existen zonas de materiales aluviales y lacustres depositados por encima de los mencionados materiales. En general, esta formación volcánica le confiere alta capacidad de permeabilidad a toda la zona, favoreciendo la infiltración de las precipitaciones.

La zona del caserío el Centenario, cantón Buenos Aires posee suelos s3'a: piroclásticas ácidas, epiclásticas volcánicas (tobas color café) con una recarga potencial hídrica de: 1011.07 mm/año y una vulnerabilidad intrínseca Moderada, Cobertura de suelo: Café Bajo Sombra. Unidades hidrogeológicas: Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción

7.4. Guía técnica para la cosecha de agua lluvia en las familias

La “cosecha de agua lluvia” como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales partiendo de un principio de desarrollo desde las propias capacidades y potencialidades de los actores locales en donde el intercambio de conocimientos y la participación social son fundamentales en la implementación de esta alternativa. Con la finalidad de tener una mejor utilización y aprovechamiento sustentable del recurso agua. La

Guía técnica propone conocer algunas de las técnicas prácticas y económicas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para poder utilizarse en las actividades de los que haceres domésticos especialmente en los lugares que carecen de agua para dichos fines como es la zona de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

La guía técnica posee componentes que ayudan a la aplicación de prácticas para la conservación y captación de agua lluvia para el abastecimiento de agua en familias rurales. Y tiene como objetivo enseñará cómo diseñar, captar y almacenar de manera fácil y económica el agua lluvia que se puede utilizar para el abastecimiento de las familias de las zonas rurales de la biosfera Apaneca – Ilamatepec (ver anexo 3)



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



Guía técnica

Para la cosecha de agua lluvia para el uso domestico de
las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca –
Ilamatepec

EDGARD SIGFREDO MARTINEZ ESTRADA

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN PARA EL PROCESO DE GRADUACIÓN
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO

“Opciones técnicas para las familias en la Reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec”



San Salvador, El Salvador 2021

2

Figura 10. Guía Técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico.



8. CONCLUSIONES

La época seca del año comprendida entre noviembre a abril genera dificultades con el abastecimiento de agua para el uso domestico de las familias de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec debido a que en esta época actualmente las familias solo tienen disponibilidad de 22.30 litros de agua por persona al día, esto disminuye la calidad de vida de las familias ya que están -55.40% del requerimiento mínimo diario (50 L) que sugiere la Organización Mundial de la Salud; del agua disponible actual el 75.5% lo obtienen de la cosecha de agua que se genera en cada una de las casas habitacionales de las familias y el 24.5% lo obtienen de la cosecha de agua lluvia comunitaria, obtenida principalmente de techos de infraestructuras comunitarias. Las familias del caserío el Centenario dependen al 100% del agua lluvia que recolectan durante la época lluviosa.

La reserva de la biosfera Apaneca Ilamatepec cuenta con una precipitación promedio anual de 2253 mm de lluvia al año, este valor favorece a las familias de la zona ya que el volumen de agua que llueve en la zona es suficiente para poder abastecerse y almacenar agua lluvia para ser utilizada para el uso doméstico en época seca y utilizada para el almacenamiento y posterior el riego de los huertos casero es la época lluviosa según la disponibilidad de agua almacenada y la demanda que generan los huertos. Estas familias al tener un diseño específico para determinar el volumen necesario de almacenamiento para cumplir con el requerimiento mínimo de la OMS aumentara la calidad de vida y la sostenibilidad de los ecosistemas y los flujos circulares en un sistema agroecológico.

La elaboración de la guía técnica genera conocimientos científicos para el diseño, construcción, puesta en marcha y mantenimiento de los sistemas de cosecha de agua lluvia, aportando conocimientos gnoseológicos técnico – científicos que ayudan al buen funcionamiento y aprovechamiento del recurso hídrico. Así también aporta los conocimientos básicos para el tratamiento del agua para el uso domestico de la zona.

La aplicación de los conocimientos técnicos para el establecimiento de la cosecha de agua lluvia bien aplicados, garantiza el abastecimiento del vital líquido en las familias de la reserva. Además, se generan técnicas apropiadas y de muy bajo costo para la elaboración de tanques de captación elaborados de los materiales que se generan en el mismo agroecosistema o implementando métodos tecnológicos modernos como es la colocación de tanques de polietileno de alta densidad y resistencia, que evita la contaminación del agua por el entorno y facilita el manejo y mantenimiento de los sistemas.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Brito Luiza T. L.; Silva Aderaldo de S.; Porto Everaldo R.; Amorin, Miriam C. C.; Leite, Wêydjane de M. 2007. Cisternas domiciliarias: água para consumo humano. Potencialidades da agua de chuva no semi-árido brasileiro. EMBRAPA Semiárido. (en línea) Petrolina. Brasil. Consultado 10 dic. 2021. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142156/1/Brito.-Livro-agua-chuva.pdf>
- Cántaro Azul; Isla Urbana; Neta cero. 2015. Catálogo de Soluciones de Agua Segura Saneamiento e Higiene (en línea) México. Consultado 3 oct. 2021 Disponible en <https://capitalsustentable.shinyapps.io/cantaroazul/>
- Chereque, M. OW, V. 1989. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC. Lima, Perú, 223 pp.
- Cisneros, P. 2020. Gestión de aguas y saneamientos sostenibles, recolección en techos. (en línea). Mexico. Consultado 23 nov. 2021. Disponible en <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion-1-0/recolecci%C3%B3n-en-techos>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2016. Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. (en línea). Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Enotecnias en Zonas Rurales. Ciudad de México, México. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/LINEAMIENTOS_CAPTACI_N_PLUVIAL.pdf
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura); FIDA (Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura); COSUDE (Cooperación Suiza en América Central) . 2013. Captación y almacenamiento de agua lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe. (en línea). Santiago de Chile, Chile. Consultado 01 may. 2021. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- FIAES (Fondo de Iniciativa para las Américas); FUNDESYRAM (Fundación Socioeconómica y Restauración Ambiental). 2016. Plan de desarrollo local sostenible. Reserva de biosfera Apaneca- Ilamatepec 2016-2031. (en línea) San Salvador, El Salvador. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en <https://fundesyram.info/wp->



[content/uploads/2020/01/Plan-de-Desarrollo-Local-Sostenible-Apaneca-Ilamatepec-final.pdf](#)

Fundación Guatemala; Huairou. 2015. Cosecha de aguas lluvias. (en línea). La plataforma de practicantes comunitarias para residencia. Guatemala. Consultado 30 nov 2021. Disponible en <https://huairou.org/wp-content/uploads/2015/12/Guatemala-agua-web.pdf>

FUNDESYRAM (Fundación Socioeconómica y Restauración Ambiental); FIAES (Fondo de Iniciativa para las Américas). 2016. Diagnóstico Socio Ambiental de la Reserva de Biosfera Apaneca- Ilamatepec. San Salvador, El Salvador.

GWP (Asociación Mundial para el Agua). 2016. Cosecha de agua lluvia: sustento para la vida. Entre Aguas. Asociación Mundial para el Agua, América Central1(16):1-4.

GWP (Global Water Partnership). 2011. Ciclo Hidrológico. Contribución al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral de recurso hídrico. (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 may. 2021. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf.

IPCC / ONU - Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. 2007. La base de la ciencia física. IPCC / ONU, Ecolatina. París.

JICA (Agencia de cooperación internacional del Japón). 2015. Guía técnica para cosechar agua lluvia. Proyecto de desarrollo integral sostenible en la provincia de Chimborazo. (en línea). Ecuador. Consultado 10 oct. 2021. Disponible en https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Mapa Geológico de El Salvador. (en línea) San Salvador, El Salvador. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en <https://www.snet.gob.sv/Geologia/Sismologia/3mapageo.htm>

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2017. Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias. (en línea) San Salvador El Salvador. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/plan-nacional-de-gestion-integrada-del-recurso-hidrico-de-el-salvador-con-enfasis-en-zonas-prioritarias/>



- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú). 2016. Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua: Aportes y reflexiones desde la práctica. (en línea). Viceministerio de Políticas Agrarias. Lima, Perú. Consultado 28 de nov. 2021. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/publicaciones-recientes/libro-siembra-cosecha.pdf
- Musy, A. 2001. Curso "Hidrología general". Escuela Politécnica Federal de Lausanne. IATE / HYDRAM. Laboratorio de Hidrología y Planificación. Capítulo 1, 2, 3, 4 y 5.
- OMS (Organización mundial de la salud). 2003. Cantidad, servicio, nivel y estado del agua doméstica. (en línea). WHO/SDE/WSH/03.02. Suiza. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2010. Resolución aprobada por la Asamblea General, 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento (en línea) A/RES/64/292. 108ª sesión plenaria 28 de julio de 2010. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en <https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=4cc9270b2>
- Ordoñez, J. 2011. Ciclo hidrológico, Cartilla técnica. (en línea) Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. Lima, Perú. Consultado 06 sep. 2021. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Pidwirny, M. 2006. El ciclo hidrológico. Fundamentos de Geografía Física, 2ª Edición. (En línea). Consultado 12 may. 2021. Disponible en <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html>.

10. ANEXOS

Anexo 1. Gira de observación





Anexo 2. Gira de observación a familias de la zona rural de Juayua.



ELABORACIÓN DE GUÍA TÉCNICA PARA LA COSECHA DE AGUA PARA EL USO DOMÉSTICO DE LAS FAMILIAS RURALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA APANECA – ILLAMATEPEC, JUAYUA 2021

GIRA DE OBSERVACION A FAMILIAS DE LA ZONA RURAL DE JUAYUA

Introducción

La falta de recurso hídrico, como recurso vital para la producción vegetal, animal y la sobrevivencia del ser humano como parte esencial de las funciones metabólicas de los seres vivos, se ha visto afectado drásticamente por diversos factores en El Salvador, teniendo la tasa de disponibilidad de agua dulce más baja per cápita en toda América Central. Si el 95% de los ríos presentan altos nivel de contaminación ambiental y la calidad del agua es mala; solo un porcentaje muy pequeño aún es susceptible de sostener vida, eso pone en duda el tipo de agua que consumimos día con día, según datos aportados por el Ministerio de Medio Ambiente; El agua es un recurso extremadamente vulnerable en El Salvador, especialmente a la luz de la creciente demanda residencial, agrícola e industrial.

Adicionalmente, del lado del abastecimiento, y pese a la lluvia moderada y en ocasiones abundante, su distribución parcializada a lo largo del año y las condiciones inadecuadas para almacenar el agua y regular su flujo, limitan la disponibilidad de los recursos. Adicionalmente, el cambio en el uso de la tierra y la contaminación están causando una reducción en la disponibilidad del agua. La cosecha de agua lluvia a través de la metodología de captación de agua lluvia en techos aumenta la calidad de vida y la sostenibilidad de los ecosistemas de las familias rurales en el municipio de Juayua

OBJETIVO DE LA GIRA:

1. Realizar diagnóstico de cosecha de agua en familias de las zonas rurales de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, Juayua.

Objetivos de aprendizaje

1. Estimar de demanda de hídrica de familias en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec
2. Caracterizar las unidades habitacionales de los pobladores y precipitación en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

METODOLOGIA

Realizar diagnóstico a través de encuesta y observación, recopilando información de consumo de agua, estructuras aprovechables para el cultivo de agua, tecnologías apropiadas para la captación de agua, técnicas para la captación de agua ya aplicadas, estimación de la demanda hídrica, tratamiento de agua y técnicas de conservación de agua aplicadas en las familias de la zona rural del municipio de Juayua del departamento de Sonsonate.



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



Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Curso de especialización para el proceso de graduación
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO



DESARROLLO DE LA GIRA DE ESTUDIO

I. Conceptualización del estudio

El cálculo del uso del agua en el sector doméstico se aborda desde la definición de dos conceptos: 1) el consumo propio o vital de la población (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios), y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas, expresado a nivel per cápita en litros/habitante-día; y 2) el agua extraída no consumida, que se explica mediante el cálculo de las pérdidas en la cadena de conducción y suministro en red.

II. Metodología de Campo

I. Datos generales

Nombre de jefe/a de familia: _____

Ubicación / nombre de la finca _____

Cantón: _____, municipio _____,

departamento: _____ País: _____

Distancia al centro poblacional más cercano: _____

Ubicación Geográfica: latitud N _____, Longitud Oeste: _____

Elevación: _____.

Área total: _____, No. De lotes y áreas: _____

Precipitación mensual _____ mm, Temperatura promedio: _____ °C

Precipitación anual: _____ mm, datos tomados en la estación meteorológica _____.

Componentes y especies más predominantes que conforman el núcleo familiar y sistemas de producción:

II. Datos de la familia

Cantidad de personas que participan activamente en la unidad habitacional: _____

Personas mayores de 60 años: _____ Ocupación: _____

Personas entre 40 y 59 años: _____ Ocupación: _____



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



Universidad de El Salvador
 Facultad de Ciencias Agronómicas
 Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
 Curso de especialización para el proceso de graduación
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO



Personas entre 18 y 39 años: _____ Ocupación: _____

Personas menores de edad: _____ Ocupación: _____

Del total de las personas, Trabajan: _____ Estudia: _____ Otros: _____

III. Descripción de las actividades cotidianas de la familia



IV. caracterización de las unidades habitacionales de la familia.

Croquis de la propiedad:

Cantidad de casas habitacionales en la propiedad:

Dimensión de las casas habitacionales de la propiedad:



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



Universidad de El Salvador
 Facultad de Ciencias Agronómicas
 Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
 Curso de especialización para el proceso de graduación
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO



Tipo de construcción (paredes, piso, techo, ventanas, tipo de sistema sanitario etc.)

Tipo de suministro de agua:

Capacidad de almacenamiento de agua: _____

Método de almacenamiento de agua: _____



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



Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Curso de especialización para el proceso de graduación
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO



Tratamiento de agua almacenada:

Destino final del agua utilizada en la familia:

Tipos de sistema sanitarios (cantidad, tipo, capacidad etc):

Plano de la unidad habitacional

6



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



Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Curso de especialización para el proceso de graduación
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO



Porcentaje de gasto de agua según categorías siguiente:

	Litros/día	%
Higiene corporal:	_____	_____
Arrastre de Excretas y orines:	_____	_____
Lavado de ropa:	_____	_____
Limpieza de casa:	_____	_____
Lavado de utensilio empleados en cocina:	_____	_____
Bebida y preparación de alimentos:	_____	_____

Otras Observaciones:



Anexo 3. Guía técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, El Salvador

Guía técnica para la cosecha de agua lluvia para el uso doméstico de las familias rurales en la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, El Salvador



Guía técnica

Para la cosecha de agua lluvia para el uso domestico
de las familias rurales en la reserva de la biosfera
Apaneca – Ilamatepec

EDGARD SIGFREDO MARTINEZ ESTRADA

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN PARA EL PROCESO DE GRADUACIÓN
GESTIÓN INTEGRAL DE SISTEMAS PRODUCTIVOS AGROECOLÓGICO

**“Opciones técnicas para las familias en la Reserva de la biosfera Apaneca –
Ilamatepec”**



San Salvador, El Salvador 2021



1. Introducción

La “cosecha de agua lluvia “como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales partiendo de un principio de desarrollo desde las propias capacidades y potencialidades de los actores locales en donde el intercambio de conocimientos y la participación social son fundamentales en la implementación de esta alternativa. Con la finalidad de tener una mejor utilización y aprovechamiento sustentable del recurso agua. La Guía técnica propone conocer algunas de las técnicas prácticas y económicas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para poder utilizarse en las actividades de los que haceres domésticos especialmente en los lugares que carecen de agua para dichos fines como es la zona de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

2. Objetivos

Esta guía enseñará cómo diseñar, captar y almacenar de manera fácil y económica el agua lluvia que se puede utilizar para el abastecimiento de las familias de las zonas rurales de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

3. Clima de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

En la Reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec la temperatura media oscila entre 15.5°C y 25.0°C caracterizándose por poseer varias regiones climáticas desde las Sabanas Tropicales Calientes a Clima Tropical de Alturas la estación lluviosa normalmente inicia en mayo y culmina en octubre, y la época seca de diciembre a abril, la cantidad de lluvia (precipitación pluvial) ronda los 2253 mm anuales, los meses más lluviosos comprenden según su intensidad, septiembre, junio, agosto respectivamente.

4. Situación actual del suministro de agua de las comunidades en áreas de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

Según el resultado del estudio de caso elaborado en el Caserío el Centenario, Cantón Buenos Aires, municipio de Juayua, la altitud del caserío en promedio ronda los 1285 msnm, de lo cual el 100% de las familias dependen directamente de la cosecha de agua lluvia, esta comunidad no cuenta con el acceso a agua potable por distribución, el escases de agua para el uso en las familias dificultan seriamente las actividades cotidianas, dificulta el progreso socioeconómico en la zona y disminuye la calidad de vida de las familias

5. Cantidad de agua de lluvia captable

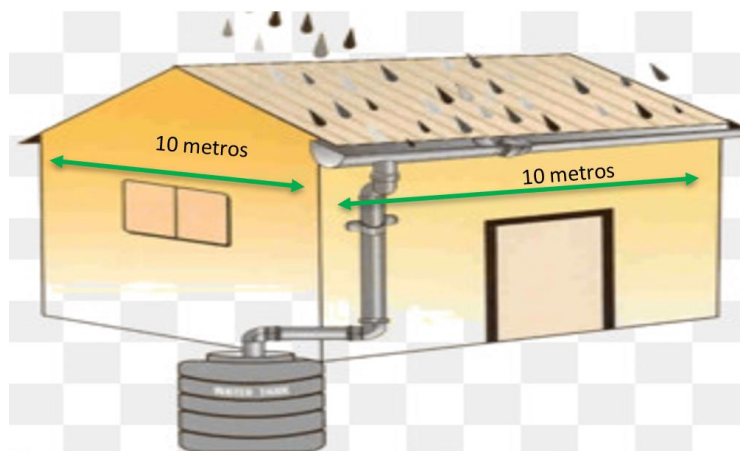
La cantidad de agua que puede cosechar depende de la intensidad de la lluvia, su duración (tiempo), área del sitio que capta la lluvia, grado (%) de pendiente, tipo de suelo y las condiciones de vegetación. Se presenta a continuación como referencia el cálculo de la cantidad de agua lluvia captable sobre una lámina colocada en un sitio suavemente pendiente (o en el tejado de una casa) bajo las condiciones siguientes:

1) Condiciones:

- Precipitación (Intensidad de lluvia por hora): 5mm (=0.5cm)
- Superficie (Lámina) captadora: 100m² (=1,000,000cm²)
- Factor de captación: 0.5

2) Cantidad de agua captable:

- Cantidad de agua captable = Precipitación * Superficie * Factor de captación / 1000
- Cantidad de agua captable = 0.5 cm * 1,000,000 cm² * 0.5 / 1,000
- **Cantidad de agua captable = 250 litros por hora**



6. Beneficios del sistema de cosecha de agua y su requerimiento para el consumo humano

6.1. Beneficios

Con el sistema de cosecha de agua lluvia las familias en épocas de sequía, disponen de agua para consumo humano, actividades cotidianas, limpieza cultivos, abastecimiento a los animales domésticos y de traspatio.

6.2. Requerimiento de agua en las familias rurales de la zona de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec

En el caso de las familias de la reserva de la biosfera Apaneca – Ilamatepec, se genera una diversificación de actividades en la cual el suministro de agua es de vital importancia para la supervivencia de la familia de la zona,



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



En la época lluviosa las familias se suministran de la captación de agua lluvia, la cual abastece a todos los tanques de almacenamiento y se genera una recirculación de agua constante. A finales de esta época las familias implementan prácticas para el abastecimiento total de los tanques de captación de agua lluvia, esto para tener disponibilidad de agua en los 180 días que generalmente dura la temporada seca en el país, en esta época de noviembre a abril se presenta poca o escasa precipitación, representando solo el 7% de la precipitación anual, el 93% de la lluvia se presenta de mayo a octubre.



Técnicas Prácticas para la cosecha de agua lluvia.

7. Técnicas aplicadas en las comunidades de la reserva de la biosfera Apaneca – Iamatepec

7.1. Técnicas aplicadas en las estructuras de construcción

7.1.1. Cosecha de agua aprovechando los techos (Opción 1)



Lugares aplicables:

- Casa particular
- Casa comunal
- Galpón
- Escuela
- Iglesia

7.1.2. Cosecha de agua aprovechando los techos (Opción 2)

Se aprovecha al máximo los materiales existentes en las comunidades, promoviendo el uso de todo tipo de insumo que puede proveer el entorno.

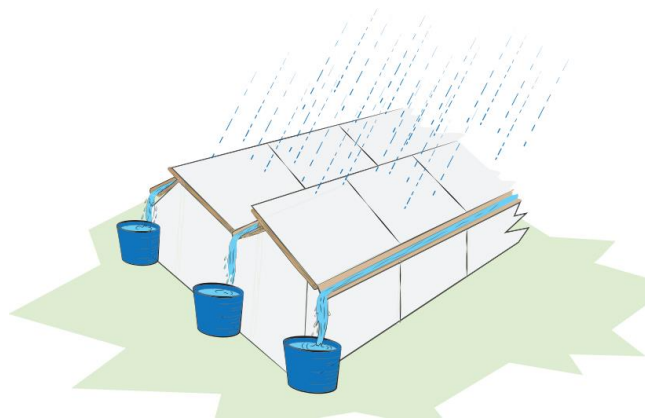
Canaleta de captación y conducción



Tanques de almacenamiento de agua



7.1.3. Otra opción del mismo sistema instalado en el invernadero tipo cercha (Opción 3)



7.2. Técnicas aplicadas en las parcelas

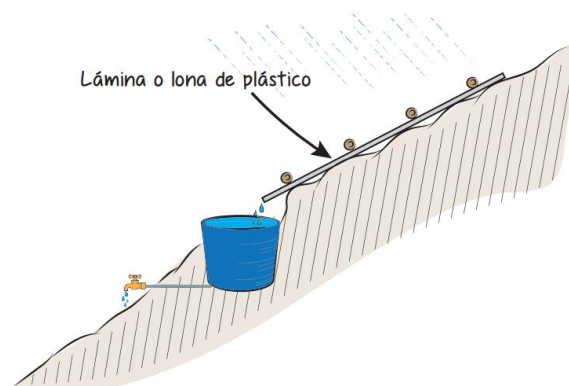
7.2.1. Cosecha de agua aprovechando los pendientes existentes (Opción 1 - Con reservorio pequeño tipo zanja)





Esta metodología es practica y sencilla, con resultados en la captación de agua lluvia bastante aceptables y de gran aporte a las familias.

7.2.2. Cosecha de agua aprovechando los pendientes existentes (Opción 2 - Con tanque de agua, sin necesidad de preparar reservorio tipo zanja)



8. Metodología de cálculo para la determinación de sistema de captación de agua lluvia



8.1. Procedimiento para la determinación del consumo de agua

- 8.1.1. Calcular la cantidad de ocupación permanente y temporal de la vivienda, según el estudio de caso el promedio de ocupantes por vivienda particular habitada es de 3.9. Para efectos de un cálculo se considera una ocupación de 4 habitantes por vivienda.
- 8.1.2. Calcular el consumo de agua para la vivienda siguiendo los siguientes parámetros. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, El derecho humano al agua y al saneamiento, 2010) el consumo de agua de la vivienda por habitante está entre 50 y 100 l/hab/día. Para el cálculo se utilizará el valor de dotación mínima de 50 l/hab/día.
- 8.1.3. Restar la cantidad de agua pluvial anual que se podrá captar y al tamaño del tanque de captación que se utilizará. Para cálculos de captación pluvial se requiere analizar registros de precipitación de al menos 15 años, información que se encuentra disponible en la página del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales o datos oficiales de ONG, Fundaciones, Organizaciones o base de datos de áreas privadas.

8.2. Determinación del volumen de captación factible de aprovechar en una vivienda.

Para poder determinar si la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia y escurrimientos pluviales es factible en una vivienda, se debe de realizar el siguiente análisis:

- a) Recopilar la información pluviométrica de la zona de por lo menos 15 años anteriores. Con esta información, se obtiene la precipitación anual promedio, con la siguiente expresión:

$$\bar{p} = \sum_{i=1}^n \frac{(P_i)}{n}$$

Donde:

\bar{p} : Precipitación promedio anual con distribución mensual, en mm.

P_i : Precipitación en el año “i”, en mm

n: Número de años.

- b) Después de la obtención de las láminas de lluvia promedio, se obtiene el volumen anual promedio de captación (V_A) con una distribución mensual; para esto se tiene que definir el área de influencia de las instalaciones de captación (superficie de captación en su proyección horizontal). Este volumen se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_A = \frac{\bar{p} * A * K_e}{1000}$$



Donde:

VA : Volumen promedio de captación anual con distribución mensual, en m^3

\bar{p} : Precipitación promedio anual con distribución mensual, en mm.

A : Área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación, en m^2

ke : Coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación, adimensional.

Materiales o tipo de construcción	Kc
Cubiertas metálicas o plásticas (PVC, Polietileno)	0.95
Techos Impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (Ej. Teja)	0.90
Concreto hidráulico	0.90
Lamina metálica corrugada	0.80

- c) Después se tiene que obtener la demanda de agua anual con distribución mensual de la vivienda (DA), de acuerdo al uso asignado al recurso (excusados, aseo personal, preparación de alimentos, etc).

$$DA = Ca * Ov * Dm / 1000$$

$$DA = \frac{Ca * Ov * Dm}{1000}$$

Donde:

DA : Demanda de agua mensual de la vivienda, en m^3/mes

Ca : Consumo de agua, en l/hab/día

Ov : Ocupación de la vivienda, hab/vivienda

Dm : Días del mes, días

- d) Obteniendo estos valores se calcula el funcionamiento del almacenamiento (tanques)

$$Alm_n = Alm_{n-1} + VA - DA$$

Donde:

Alm_n : Volumen de almacenamiento mensual en el tanque, en m^3

Alm_{n-1} : Volumen de almacenamiento en el tanque del mes anterior, en m^3

VA : Volumen de captación mensual, en m^3

DA : Demanda de agua mensual de la vivienda, en m

- e) Del cálculo anterior se determina la cantidad de días al mes que satisfizo dicho funcionamiento

$$Fs = \frac{Alm_{n-1} + Va}{DA}$$



Donde:

F_s: Factor que determina si satisface la demanda mensual

- Si $F_s > 1$ Satisface el total de días del mes
- Si $F_s < 1$ no satisface el total de días del mes

- f) Para determinar la cantidad de días satisfechos mensualmente, se realiza el siguiente cálculo:

$$D_s = F_s * D_m$$

Donde:

D_s: Días satisfechos de la demanda mensual

D_m: Días del mes en cuestión

- g) De los cálculos anteriores se determinan los días satisfechos anualmente

$$D_{sa} = \sum_{i=1}^{12} D_{s_i}$$

- h) Al final se obtiene cuantos días satisface *D_{sa}*, la precipitación promedio anual \bar{p} .

El objetivo del cálculo es determinar para cada caso particular, la distribución temporal de las lluvias, el área de captación necesaria, el tamaño del depósito donde se almacenará el agua de tal forma que se garantice que se dispondrá de agua los 365 días del año para todos los habitantes de la vivienda con una dotación mínima de 50 litros por habitante por día

9. Especificaciones

Se muestra enseguida los materiales y especificaciones básicas que deben cumplir los componentes del sistema de captación.

9.1. Precipitación mínima del sitio.

En cada sitio donde se desee implementar un sistema de captación se deberá verificar la precipitación media anual del sitio, con el procedimiento mostrado previamente, de tal manera que, para garantizar un abastecimiento de agua durante todo el año, se deberá tener una precipitación igual o mayor a los 1,500 mm como valor medio anual.

10. Requerimientos de los elementos aceptables y sus componentes.



En esta parte se describirán las características que deberán cumplir los elementos que componen el Sistema de Captación de Agua de Lluvia, con la finalidad de garantizar la calidad y cantidad de agua a servir al usuario.

Los componentes principales del sistema son el área de captación, canaletas, conducción, dispositivo de lavado o filtro, el depósito o tanque de almacenamiento y toma domiciliaria.

10.1. Materiales para la captación.

Se puede utilizar como material del área de captación cualquiera de los siguientes elementos:

- a) Concreto.
- b) Lámina metálica acanalada.
- c) Teja cerámica.
- d) Superficie recubierta con Polietileno de alta densidad o PVC, siempre y cuando garanticen que no exista liberación de elementos tóxicos cuando ocurra la degradación del material provocada por los rayos UV o por los elementos del medio ambiente.

Se deberá evitar captar agua de techos de palma, lámina de cartón con cubierta de chapopote o láminas de asbesto-cemento.

Dentro de la captación se incluirán las canaletas o elementos de recolección del agua captada que conduzcan el agua hasta el inicio de la tubería de conducción, podrá ser una canaleta de PVC o lámina metálica de cualquier forma de sección transversal. Dichas canaletas deberán estar perfectamente aseguradas de tal manera que se garantice que no derramarán el agua captada.

10.2. Materiales para la conducción.

La conducción del agua captada podrá realizarse con tubería fabricada de cualquiera de los siguientes materiales:

- a) PVC.
- b) ABS.
- c) Polipropileno.
- d) Polietileno.

10.3. Materiales para los dispositivos que evitan el ingreso de contaminantes al tanque o depósito.

Como separador de contaminantes se podrá emplear un filtro de arenas o material graduado ubicado antes de la entrada al tanque de almacenamiento, así también podrá emplearse un



dispositivo separador de las primeras aguas o cualquier filtro de barrera que garantice el mantener las condiciones organolépticas del agua de la mejor manera, estos podrán ser de polietileno o de materiales constructivos comunes.

10.4. Materiales de los elementos del depósito o tanque de almacenamiento de agua de lluvia.

El depósito podrá ser de materiales prefabricados, entre los que se incluyen plásticos tanto rígidos como flexibles, los cuales deberán garantizar que no transmiten olor o sabor al agua almacenada, así como cualquier elemento contaminante que pudiera ser liberado por los radicales libres que se generan con la foto degradación o degradación térmica del material, producto de los rayos UV del sol.

Así también podrán elaborarse de materiales constructivos convencionales, definiendo aquel que sea económicamente viable en base a las características del sitio y las dimensiones del mismo, este punto es importante de considerar de acuerdo a la zona donde se esté realizando la instalación del sistema.

Se deberá garantizar que el tanque o depósito sea impermeable, hermético y accesible con una entrada amplia que permita la limpieza o las reparaciones que sean necesarias tanto en su interior como en el exterior o en las conexiones de tuberías de entrada y servicio.

Podrá ser utilizada el área del depósito como área de captación, siempre y cuando se garantice que el agua recolectada en esta área pase por el dispositivo separador de contaminantes o filtro graduado antes de ingresar al depósito, en función del dispositivo elegido en el sistema.

11. Desinfección del agua para consumo humano.

El agua para consumo humano debe estar libre de sustancias químicas, impurezas y de microorganismos patógenos que puedan causar problemas a la salud de las personas, aplicando métodos sencillos de desinfección se podrá garantizar la calidad del agua.

La desinfección del agua mediante cloración se hace a partir de compuestos que contienen cloro como el hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio, elemento químico que tiene poder destructivo sobre los microorganismos patógenos que son transmisores de enfermedades de origen hídrico, que pueden estar presentes en el agua

El Hipoclorito de Sodio es una solución que se puede obtener en el comercio (blanqueador de ropa) en concentraciones del 1 al 10%. Las soluciones recomendadas para la desinfección del agua para consumo humano deben tener idealmente una concentración de 5.25%, estar libres de sustancias aromatizantes, colorantes y otros aditivos que son tóxicos para los seres humanos.



El Hipoclorito de Calcio es un producto granulado o en polvo, de color blanco, comercializado en sacos o bolsas en concentraciones desde 20 a 70% de cloro activo, también se consigue en forma de tabletas en concentraciones de 65 y 70% de cloro. Para el uso del hipoclorito de calcio granulado o en polvo en la desinfección del agua para consumo humano se preparan soluciones madre con una concentración de 1% de cloro disponible

La Plata Coloidal es un producto compuesto por nanopartículas de plata de alta pureza 0.999, las cuales se encuentran suspendidas en agua destilada y purificada. El diámetro de las partículas presente oscila los 5 a 100 nanómetros, las cuales están cargadas eléctricamente en forma de átomos y unidas a proteínas

11.1. Procedimiento para la desinfección con hipoclorito de sodio

Agregar 1 gota de hipoclorito de sodio al 5.25% por litro de agua a desinfectar. Agitar el agua y dejar reposar por 30 minutos, luego puede utilizar el agua para consumo directo y/o la preparación de alimentos

Para la desinfección de frutas, verduras, hortalizas, etc., agregar 3 gotas de hipoclorito de sodio por cada litro de agua, dejar en reposo en esta agua por al menos 20 minutos

Procedimiento de preparación de la solución madre con hipoclorito de calcio

Materiales:

- 1 recipiente plástico de 20 litros cl
- 1 frasco pequeño de color oscuro para almacenar el cloro granulado o en polvo, debidamente rotulado.
- 1 cucharita cafetera.
- 1 cuchara sopera.
- Hipoclorito de Calcio granulado o en polvo, preferiblemente en concentración al 65%.

Pasos para desinfectar el agua para consumo humano:

1. Lave muy bien los materiales a utilizar
2. Rotule el frasco pequeño identificando “Cloro concentrado” y la botella “Solución madre de cloro para desinfección
3. Tome una cucharadita cafetera a ras del cloro granulado o en polvo.
4. Vacíe el polvo en la botella de 250 ml.
5. Llene la botella con agua.
6. Tape la botella y agítela durante 3 minutos.
7. Deje reposar durante una hora la solución preparada.



8. Sin agitar la botella que contiene la solución del paso anterior, llene una cucharada sopera y agréguela al recipiente plástico de 20 litros.
9. Llene el recipiente de 20 litros con agua y agítelo durante al menos 3 minutos.
10. Deje reposar el agua durante 30 minutos, luego puede utilizarla para consumo humano.

11.2. Procedimiento para la desinfección con Plata Coloidal

1. Agregar 2 gotas de plata coloidal por cada litro de agua.
2. Dejar reposar por 30 minutos y mantenerla en un recipiente de plástico o vidrio limpio y con tapa.
3. Este tipo de desinfección no produce sabor, olor ni color en el agua tratada y no se forman productos adicionales
4. NO UTILIZAR envases metálicos o de barro debido a que desactivan el efecto desinfectante

Para asegurar la calidad de agua para uso humano, es ideal contar con alguna redundancia en tratamiento. Hacia ese fin, se puede combinar el uso de cloro anteriormente mencionado con un filtro de última etapa que tenga otro mecanismo de desinfección. Dicho filtro puede ser de cerámica impregnada con plata coloidal, de carbón activado impregnado con plata coloidal, de luz ultravioleta y/o de microfibra.

11.3. Método de ebullición.

Temperaturas por encima de los 60 °C provocan la muerte de los microorganismos. Por lo que a la temperatura de ebullición del agua se logra la muerte prácticamente total de los microorganismos que pudieran causar problemas a la salud humana al ser ingeridos en el agua.

El procedimiento es simple, ya que basta llevar el agua a temperatura de ebullición y mantenerla en ese estado entre 5 a 10 minutos. El costo sin embargo resulta elevado por el costo del consumo energético (gas, energía eléctrica, leña), y por el tiempo de la persona que realiza la operación. Algunas economías se pueden lograr hirviendo el agua en una olla tapada y empleando hornillas de igual dimensión al del fondo de la olla, nunca mayor.

El volumen que puede ser procesado por ebullición es reducido primero para que permita su procesamiento en un tiempo razonable mediante el empleo de los equipos de calentamiento dentro de la casa, y porque no se puede almacenar por mucho tiempo el agua hervida sin que exista el peligro de la incorporación de microorganismos presentes en el ambiente

En la práctica, sólo se debe procesar de esta forma el agua exclusiva para consumo y en todo caso el agua para lavado de verduras o alimentos. Una vez que el agua regrese en forma



natural a la temperatura ambiente, cualquier microorganismo que se incorpore podrá permanecer en el agua hasta que sea ingerida pudiendo ocasionar problemas de salud. Se debe por lo tanto tener la precaución de tapar los recipientes en que se hierve el agua o en donde se almacena después de ello.

El agua a temperaturas superiores en unos grados a los 20 °C resulta desagradable al paladar por lo que se recomienda que el agua hervida destinada al consumo sea enfriada en contenedores cerrados, aunque no en forma hermética. También, en el momento de hervirla pierde los gases disueltos por lo que para algunas personas lo hace “poco digerible” esto se puede evitar trasvasando el agua dos o tres veces para generar su reaeración.

12. Bibliografías

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2016. Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. (en línea). Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Enotecnias en Zonas Rurales. Ciudad de México, México. Consultado 01 dic. 2021. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152776/LINEAMIENTOS_CAPTACI_N_PLUVIAL.pdf

JICA (Agencia de cooperación internacional del Japón). 2015. Guía técnica para cosechar agua lluvia. Proyecto de desarrollo integral sostenible en la provincia de Chimborazo. (en línea). Ecuador. Consultado 10 oct. 2021. Disponible en https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf

Kashyapa A. S. Yapa. 2013. Prácticas ancestrales de crianza de agua. (en línea) MAE, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Cooperación Belga al Desarrollo, PNUD y fmam. Colombia. Consultado 04 dic. 2021. Disponible en <https://www.coursehero.com/file/42785921/PRACTICAS-ANCESTRALES-DE-CRIANZA-DEL-AGUApdf/>