

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PLAN DE SERVICIOS
DESARROLLADOS EN LA MANCOMUNIDAD TRINACIONAL
FRONTERIZA RÍO LEMPA –MTFRL-, MUNICIPIO DE SINUAPA,
DEPARTAMENTO DE OCOTEPEQUE, HONDURAS.**

MARIA JOSE SOLIS FLORES

201342224

GUATEMALA, CHIQUIMULA, OCTUBRE 2018

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específico	3
3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MANCOMUNIDAD TRINACIONAL FRONTERIZA RIO LEMPA –MTFRL-	4
3.1 Historia de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa – MTFRL-	4
3.2 Ubicación geográfica de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL-	5
3.3 Estructura administrativa de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa	5
3.4 Objetivos, estrategias, misión, visión y valores de la MTFRL	8
3.4.1 Objetivos	8
3.4.2 Estrategias	8
3.4.3 Visión	8
3.4.4 Misión	8
3.4.5 Valores	9
3.5 Políticas públicas	9
3.5.1 Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas” (El Salvador – Guatemala – Honduras)	9
3.5.2 Política Pública Local Transfronteriza “Ciudad Limpia” (El Salvador – Guatemala – Honduras)	10
3.5.3 Política Pública Local Transfronteriza “Territorio Indivisible” (El Salvador – Guatemala – Honduras)	10
3.5.4 Política Pública Local Transfronteriza “Hambre Cero” (El Salvador – Guatemala – Honduras)	10
3.6 Área de influencia	11

3.7	Población	11
3.8	Índice de Desarrollo Humano	11
3.9	Fuentes de trabajo	12
3.10	Infraestructura y servicios	14
3.11	Ambiente físico y biótico	15
3.11.1	Aspectos geológicos regionales	15
3.11.2	Suelos	15
3.11.3	Clima	16
3.11.4	Hidrología	20
3.11.5	Calidad del agua	23
3.11.6	Vulnerabilidad a desastres	24
3.11.7	Flora	29
3.11.8	Fauna	29
3.11.9	Áreas protegidas y ecosistemas	30
3.11.10	Zonas de vida	31
3.12	Identificación de problemas ambientales	33
3.12.1	Análisis FODA	33
3.12.2	Problemas ambientales	36
3.12.3	Principales impactos ambientales	36
4.	PLAN DE ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DESARROLLADAS	37
4.1	Divulgación de la política pública "Aguas Compartidas"	37
4.2	Monitoreo de la calidad del agua subterránea del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC)	39
4.3	Determinación de los niveles freáticos en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC)	42
4.4	Monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lempa	44
4.5	Monitoreo de la calidad del agua en sistemas de agua potable del municipio de Ocotepeque, Honduras y municipio de Citalá, El Salvador	46
5.	CONCLUSIONES	49
6.	RECOMENDACIONES	50
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

8. ANEXOS	53
9. APÉNDICE	80

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la Región Trifinio, se encuentra la organización municipal conocida como la “Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa” (MTFRL); integrada por 45 municipios de los países de El Salvador, Honduras y Guatemala. Dentro de la misma, se gestiona el desarrollo de la región, buscando una integración centroamericana promovida desde lo local. Es de naturaleza solidaria, no religiosa, apartidaria, lo cual se rige por sus estatutos, reglamentos y demás leyes (Códigos y Leyes Municipales) aplicables en los tres países.

Además, es importante señalar que la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, es una entidad intermunicipal autónoma que a su vez, busca el desarrollo de los municipios pertenecientes a la región Trifinio. Por ende, se encuentra impulsando cinco políticas públicas transfronterizas en diferentes áreas siendo: Ciudad Limpia, Territorio Indivisible, Bosques para Siempre, Aguas Compartidas y Hambre Cero; en donde su enfoque es asegurar la conservación y protección de los recursos naturales, así como contribuir a la reducción de la desnutrición, pobreza extrema y marginación, y la erradicación del hambre de la población más vulnerable.

Actualmente, la mancomunidad cuenta con 23 municipios socios, pertenecientes a los tres países antes mencionados, en los cuales se implementan y ejecutan proyectos para el desarrollo sostenible de dichos lugares.

Las oficinas administrativas, se encuentran en el municipio de Sinuapa, Ocotepeque, Honduras. Se llega por la carretera hacia Agua Caliente, a un costado Norte del edificio del CENOC. Tiene una sub-sede localizada en Candelaria La Frontera, Santa Ana, El Salvador.

Inicialmente, se encontrará un diagnóstico ambiental de la MTFRL en donde se presenta una breve descripción en concepto de sus características socioeconómicas, del ambiente físico y biológico de la Región Trifinio. Así mismo, un análisis conocido comúnmente como FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) en donde se conoce interna y externamente la situación actual de la institución.

El objetivo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), fue el apoyo del estudiante en diferentes actividades y/o proyectos relacionados con el tema ambiental dentro del marco de la Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas”, teniendo incidencia en los tres países Guatemala, El Salvador y Honduras. Logrando a su vez, una gestión integral del recurso hídrico a través de una sensibilización ciudadana de la política “Aguas Compartidas”, monitoreo de la calidad del agua subterránea en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC), determinación de los niveles piezométricos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC), monitoreo de la calidad del agua del río Lempa y el monitoreo del sistema de agua potable. Las actividades anteriormente descritas, se describen en el presente trabajo con sus respectivas metodologías y metas alcanzadas obtenidas durante el tiempo de la práctica.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Apoyar el desarrollo de proyectos y acciones de la unidad de Gestión Técnica Política Pública “Aguas Compartidas” de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, para la gestión integral de recurso hídrico.

2.2. Específicos

- Realizar el diagnóstico ambiental para conocer el estado actual, la problemática y potencialidades de la política pública “Aguas Compartidas” y “Ciudad Limpia”.
- Desarrollar un plan de actividades con base al diagnóstico ambiental dirigidas a apoyar la política pública “Aguas Compartidas”.
- Formular proyecto de gestión ambiental a nivel de prefactibilidad, para promover el desarrollo sostenible de la Finca Escuela Trinacional en la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa.

3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MANCOMUNIDAD TRINACIONAL FRONTERIZA RIO LEMPA –MTFRL-

3.1 Historia de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2008).

La región Trifinio está integrada por las zonas fronterizas de tres países: El Salvador, Honduras y Guatemala, que abarca un total de 7,541 km², de los cuales 44.7% corresponden a Guatemala, 15.3% a El Salvador, y 40% a Honduras. La extensión total de la región representa cerca del 13% de la superficie total de los tres países, y aproximadamente un 3% de la población total, con alrededor de 700,300 habitantes.

Cada parte de los tres países de la región enfrenta el mismo tipo de problemas sociales, económicos y ambientales. Es aquí en donde las municipalidades de la cuenca alta del río Lempa de los tres países han venido organizándose en mancomunidades o asociaciones de municipios, con el objetivo de generar economías de escala para resolver los grandes problemas que limitan el desarrollo de sus municipios.

Para ello, las autoridades municipales y mancomunidades se proponen movilizar esfuerzos y recursos propios de los gobiernos locales, nacionales, y de organismos no gubernamentales e internacionales.

En el año 2005, y a iniciativa de los alcaldes de Esquipulas y Santa Fe, se organiza la “Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa” (MTFRL), con el objetivo de garantizar la participación de los gobiernos municipales en el proceso de desarrollo de la región, así como ordenar, orientar y conducir el desarrollo de la cuenca alta del río Lempa, a nivel de los tres países, con plena, integrada y efectiva participación de los gobiernos municipales.

Desde su constitución se dotó de algunos instrumentos de gestión, de carácter organizacional, técnico y administrativo, con el propósito de mejorar su eficiencia y establecer con claridad una orientación estratégica para el desarrollo de la Región Trifinio; así, en el año 2008 se elaboró y aprobó el Plan Estratégico Territorial (PET)

Trinacional de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2008 – 2023, y en el año 2009 el Manual General de Organización de la Mancomunidad.

3.2 Ubicación geográfica de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- (Moreira 2017)

La Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa está situada en el área fronteriza entre las hermanas repúblicas de Honduras, El Salvador y Guatemala.

Geográficamente se localiza entre las coordenadas:

- Latitud Norte: 14°26'41.6"
- Longitud Oeste: 89°11'45.1"

La vía de acceso a las instalaciones de la mancomunidad es por la carretera hacia la Aduana Agua Caliente, a un costado norte del edificio del CENOC, municipio de Sinuapa, Ocotepeque, Honduras, CA.

La Región Trifinio está integrada por cinco mancomunidades, las cuales son: Nor-Oriente, Lago de Güija, Copan Ch'ori', la Asociación de Municipios del Valle de Sesecapa (AMVAS) en Honduras, las asociaciones de municipios de Trifinio y Cayaguanca en El Salvador.

3.3 Estructura administrativa de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018)

Existe una Asamblea General que es el órgano supremo y la máxima autoridad de dicho lugar, la cual se integra con treinta personas, diez por país, pertenecientes a los Concejos y/o Corporaciones Municipales de los municipios miembros de la mancomunidad, electos internamente entre dichos Concejos y/o Corporaciones, quienes tienen derecho a voz y voto, al acreditar su representación, mediante el acta correspondiente del acuerdo municipal.

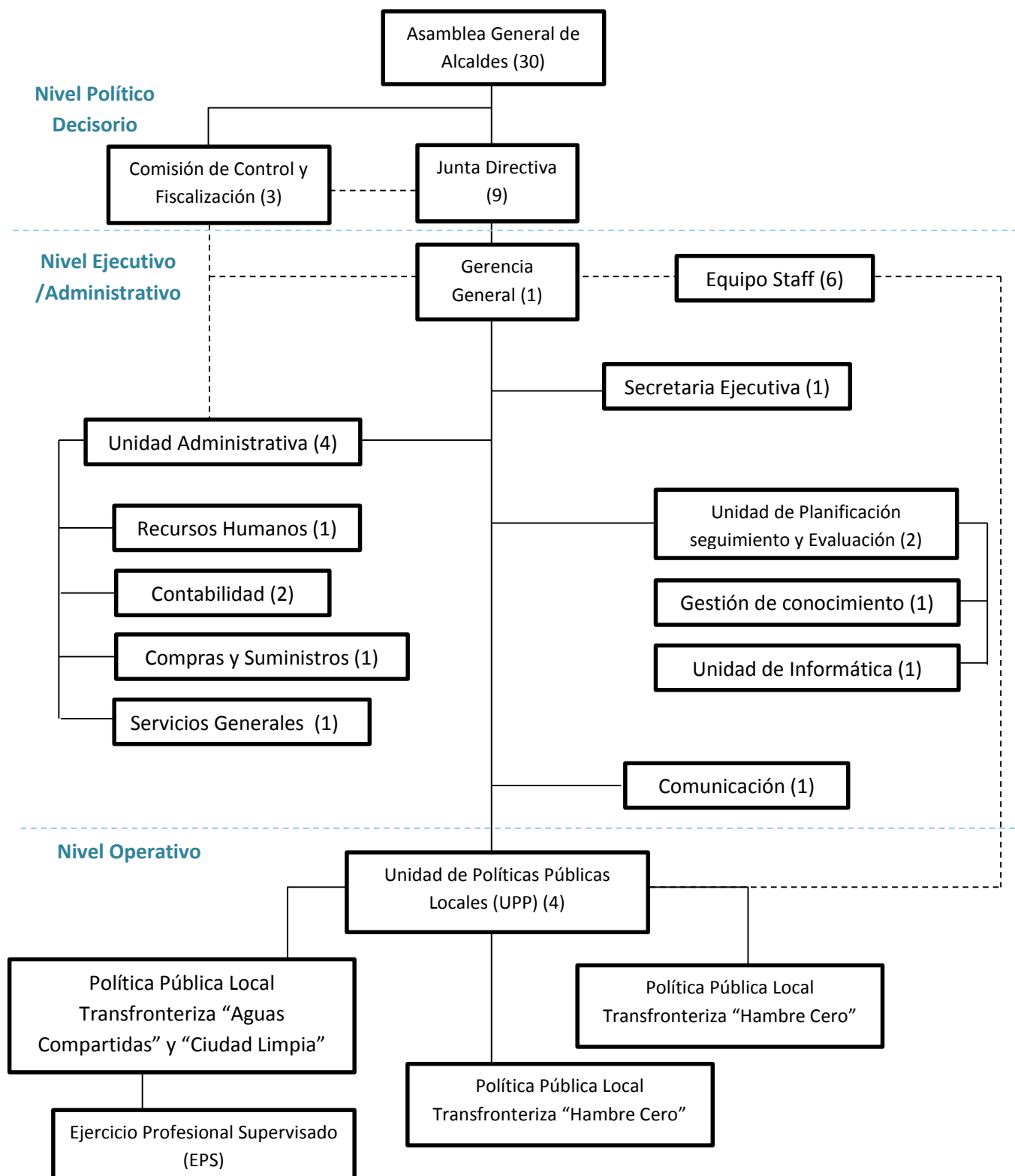
Los Concejos y/o Corporaciones de cada país designarán a cinco miembros suplentes, quienes asumirán la representación en ausencia de los titulares, debiendo en cada caso acreditar su representación, ante el Secretario de la Mancomunidad.

La junta directiva correspondiente al período 2016 – 2018 está conformada de la siguiente manera:

- **Presidente:** Elisandro León Rivera, Alcalde del municipio, Dulce Nombre de María, El Salvador.
- **Primer Vicepresidente:** Carlos José Lapola Rodríguez, Alcalde del municipio de Esquipulas, Guatemala.
- **Segundo Vicepresidente:** Marvin José Santos Portillo, Alcalde del municipio Ocotepeque, Honduras.
- **Secretario General:** Carlos Josué Álvarez, Alcalde del municipio San Fernando, El Salvador.
- **Prosecretario:** Fredy Neptali Urrutia, Alcalde del municipio Olopa, Guatemala.
- **Tesorero:** Agel Lara Maldonado, Alcalde del municipio Sensenti, Honduras.
- **Vocal primero:** José Lorenzo Valdivieso, Alcalde del municipio Citalá, El Salvador.
- **Vocal segundo:** José Fernando Carrera, Alcalde del municipio Jocotán, Guatemala.
- **Vocal tercero:** José Ángel Rivas, Alcalde del municipio Fraternidad, Honduras.

El personal de gerencia, administrativo, operativo y de servicio también forma parte de la estructura organizacional de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa.

Figura 1. Organigrama de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa



Fuente: Moreira 2017

3.4 Objetivos, estrategias, misión, visión y valores de la MTFRL

3.4.1 Objetivos (Mancomunidad Trifinio Fronteriza Río Lempa 2018)

La Mancomunidad Trinacional, persigue dos objetivos fundamentales:

- a) Impulsar el desarrollo integral y sostenible de la región transfronteriza, concertando políticas públicas locales, planes, programas y proyectos, municipales, intermunicipales y subregionales; mediante el esfuerzo mancomunado y con el apoyo técnico y financiero de los gobiernos locales y nacionales de los tres países, de organismos internacionales, públicos y privados.
- b) Promover la integración centroamericana, por medio de la cohesión social y la articulación interinstitucional de las entidades que convergen en la región.

3.4.2 Estrategias (Mancomunidad Trifinio Fronteriza Río Lempa 2014)

- a) Ser una Mancomunidad autosostenible.
- b) Fortalecer la capacidad de gestión de la Mancomunidad.
- c) Generar condiciones para promover el desarrollo sostenible transfronterizo, que contribuya a los procesos de integración Centroamericana.

3.4.3 Visión

Ser una entidad autosostenible, con capacidad de gestión e innovación, generadora de condiciones para la promoción de procesos de desarrollo sostenible en el marco de políticas públicas locales y la integración Centroamericana. (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018)

3.4.4 Misión

Somos una asociación trinacional de municipios, de derecho público, que promueve la cohesión social, la integración territorial transfronteriza, políticas públicas y la descentralización; fortaleciendo capacidades en los municipios socios y Mancomunidades aliadas, con solidaridad, compromiso y transparencia. (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018)

3.4.5 Valores (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018)

- a) Equidad:** los recursos y servicios institucionales se brindarán, otorgando oportunidades a todos sus miembros (socios y empleados), según sus necesidades, capacidades, participación y compromiso.
- b) Solidaridad:** mantener la disposición de brindarse apoyo y respaldo mutuo y permanente, en función de nuestras necesidades y posibilidades.
- c) Respeto:** cada acto y decisión tomará en consideración y se sustentará en la dignidad humana, cultura local, medio ambiente, el marco legal de los tres países, y las normas y valores de la Mancomunidad.
- d) Transparencia:** la toma de decisiones, la administración de los recursos y los resultados de los procesos institucionales serán informados periódicamente a los interesados y estarán a disposición del público en general.
- e) Compromiso:** cada quien y cada cual asumirá responsablemente sus deberes y obligaciones, identificado con la misión, objetivos y valores de la Mancomunidad.

3.5 Políticas públicas (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018)

La Mancomunidad Trinacional promueve el fortalecimiento de la gestión pública local, municipal y mancomunada, y la cooperación transfronteriza, por medio del diseño e implementación participativa de Políticas Públicas Locales Transfronterizas (PPLT), orientada a responder de forma conjunta y articulada a los principales problemas que enfrenta esta región. Por medio de la cooperación intermunicipal, se promueven procesos de cooperación Sur – Sur, como mecanismos de aporte a la Integración centroamericana, lo que ha permitido la ejecución de las siguientes Políticas Publicas Locales Transfronterizas:

3.5.1 Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas” (El Salvador – Guatemala – Honduras)

Su objetivo es contribuir con la mejora de la calidad de vida de las poblaciones de la Región Trifinio, por medio de una gestión integral, sustentable y compartida del recurso hídrico, en el contexto de la integración Centroamericana. Por medio de esta política se promueve la campaña sensibilización ciudadana “Agua Limpia, Vida Sana para Todos”,

por medio del cual se desarrollan acciones orientadas a mejorar el acceso de agua potable, en cantidad y calidad, a poblaciones urbanas y rurales de municipios fronterizos de los tres países.

3.5.2 Política Pública Local Transfronteriza “Ciudad Limpia” (El Salvador – Guatemala – Honduras)

Tiene como objetivo promover una gestión integral de los residuos sólidos, en forma asociativa intermunicipal; promoviendo la participación ciudadana, la separación de los residuos, la mejora de la calidad de los servicios públicos, las economías municipales, la imagen y la limpieza de las áreas urbanas de los municipios que confirman las mancomunidades de la región trinacional. A través de esta política están en operación en los 3 países, 5 plantas municipales de compostaje, así como 3 plantas mancomunadas de manejo integral de desechos sólidos.

3.5.3 Política Pública Local Transfronteriza “Territorio Indivisible” (El Salvador – Guatemala – Honduras)

Esta política tiene como objetivo asegurar una gestión sostenible del territorio de la región trinacional y sus recursos, tomando en cuenta la fragilidad de los ecosistemas y los bienes y servicios que de ellos se derivan, de acuerdo con las legislaciones e institucionalidad competente en el tema, en los ámbitos: nacional, trinacional y regional. Para lograr este objetivo se han promovido, a nivel trinacional, las Oficinas de Planificación y Gestión Territorial, OPLAGEST, como instancias de planificación, gestión y control del territorio.

3.5.4 Política Pública Local Transfronteriza “Hambre Cero” (El Salvador – Guatemala – Honduras)

Tiene como objetivo contribuir desde la gestión pública local, municipal y mancomunada, con la reducción de la desnutrición aguda y la erradicación del hambre de la población más vulnerable de la región. Por medio de esta política se impulsan los Programas Trinacionales: i) Alfabetización para la Seguridad Alimentaria y Nutricional ALFASAN, cuyo objetivo es declarar la Región Trifinio, libre de analfabetismo en el año

2020; y, ii) Diversificación Productiva, tiene como objetivo diversificar y fortalecer los sistemas productivos y agroalimentarios de las familias más vulnerables.

3.6 Área de influencia (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2008)

El área de influencia en el territorio de la Región Trifinio está integrada por las zonas fronterizas de tres países: El Salvador, Guatemala y Honduras, con un total de 7,541 km².

3.7 Población

En el año 2011, la población total de los tres países (El Salvador, Guatemala y Honduras) ascendía a 29,6 millones de habitantes (censo Centroamericano de Población, 2011); de los cuales 818,911 (2.7%) residen en los 45 municipios de la Región Trifinio. Un 57% se concentra en la Región Trifinio Guatemala, 30% en Honduras y 13% de la población en El Salvador. Los cinco municipios con mayor número de habitantes son Chiquimula, Metapán, Jocotán, Esquipulas y Camotán, juntos agrupan el 38% de la población total del Trifinio (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011).

Según el CATIE (2005), el analfabetismo en la zona es alto: en Guatemala, oscila entre 32% y 42%, llegando al 46% en los municipios del departamento de Chiquimula, en El Salvador, una de cada tres personas es analfabeta, y en Honduras el analfabetismo oscila entre 35% y 80%, siendo los municipios de Santa Fe y Dolores de Merendón los más afectados con 64% y 80% de analfabetismo, respectivamente. Los problemas de desnutrición son graves: por ejemplo en Honduras, al menos uno de cada tres niños sufre de desnutrición y en municipios como Dolores de Merendón prácticamente todos sufren de ella. A nivel de todos los municipios, la desnutrición alcanza en promedio el 51%.

3.8 Índice de desarrollo humano

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, el Índice de Desarrollo Humano -IDH- en El Salvador es del 0.68; en Guatemala es de un 0.492 en la actualidad y en Honduras es de un 0.625. De acuerdo a la Comisión Trinacional del Plan Trifinio, el IDH regional es de 0.6, muy por debajo de los promedios nacionales.

Los municipios con altas tasas de crecimiento poblacional las constituyen: Chiquimula (Guatemala), 1.7%; Esquipulas (Guatemala), 2.7%; Nueva Ocotepeque (Honduras), 2.1% y Sinuapa (Honduras), 2.9%. Mientras que los municipios con las más altas tasas de migración son los siguientes: Santa Rosa Guachipilín (El Salvador), 22.4% Concepción (Honduras), 24.6% y Fraternidad (Honduras), 24.1%.

3.9 Fuentes de trabajo

Las principales actividades económicas en el territorio de la Mancomunidad Trinacional son: la producción agrícola, ganadería, turismo, la producción artesanal y el comercio; debido a la convergencia regional turística (Esquipulas), intercambio comercial (Ocotepeque), presencia industrial y de servicios financieros (Metapán) la región es estratégica para el intercambio interregional. Estas distribuciones cambian debido a las diferentes tasas de mortalidad y migración que existen para hombres y mujeres en ciertos rangos de edad. (CATIE 2005).

Los granos básicos son la base de la alimentación de las familias en el territorio. En los tres países existe alto porcentaje de agricultores que tienen poca tierra y se dedican a la producción de granos básicos, complementando el ingreso familiar con el trabajo que realizan fuera del predio jornaleando en fincas de mayor tamaño. Sus parcelas están por lo general sobre-explotadas. (CATIE 2005).

Entre los principales granos básicos que se cultivan en la región están: maíz, frijol y sorgo. También el café es una de las principales actividades agrícolas en la región, ya que no solo representa una fuente económica para las familias, sino que también tiene una importancia ecológica por su contribución en la regulación hídrica de la zona. (Morerira 2017).

La producción de artesanías, se concentra en La Palma, El Salvador y en Esquipulas, Guatemala. En La Palma, actualmente, existen más de 220 artesanos y más de 110 tiendas, con tendencia de crecimiento, tanto en número de establecimientos como en ventas, siendo las últimas aproximadamente el 50%. En Esquipulas la producción de artesanías se concentra en artículos elaborados en madera (juguetes, muebles, alcancías, adornos), crucifijos y otros motivos religiosos, adornos de arcilla y mármol,

así como velas, candelas, llaveros, imágenes, ornamentos para sombreros y vehículos, artículos de cuero, bolsas con cuerda de maguey, cohetería, dulcería, comidas, jugos de naranja y otros. La mayoría de la producción se realiza individual o en grupos familiares y la comercialización se realiza principalmente en el mercado de artesanías de Esquipulas y en los puestos de venta ubicados en los alrededores de la Basílica. (CATIE 2005).

Según el CATIE (2005), señala que la principal problemática que experimenta este sector es el bajo nivel de desarrollo e innovación de nuevos productos, la exploración de nuevos nichos mercados, la promoción de las artesanías y nuevos canales de distribución.

En el sector turismo se estima una influencia anual de 2 millones de turistas que llegan al territorio Trinacional. Este hecho, representa una oportunidad y una actividad importante para la economía local en los tres países. Los principales atractivos turísticos son:

- La Basílica de Esquipulas (Guatemala)
- La Palma y San Ignacio (El Salvador)
- Travesía Trinacional de Ciclismo de Montaña “Montecristo” (Región de la Reserva de Biósfera Transfronteriza Trifinio)
- Ruta Maya (Región Trifinio, Sitio Arqueológico de Copán Ruinas Honduras)
- El punto Trifinio (Cúspide del parque Natural de Montecristo)
- Turicentros y sitios ecoturísticos (Metapán, Lago de Güija, Ruinas de San Miguel Ingenio)

3.10 Infraestructura y servicios (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2008)

La Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa recientemente inauguró su oficina Sede el 26 de septiembre de 2013 en el municipio de Sinuapa, Ocotepeque, Honduras.

La institución ha mostrado liderazgo con relación a las mancomunidades nacionales para el impulso de políticas públicas mancomunadas, y promueve su formulación y ejecución en los municipios que la integran, contando con la aceptabilidad por parte de los socios y algunas mancomunidades a las convocatorias para impulsar procesos participativos para la elaboración e impulso de las mismas.

Actualmente existen 4 políticas públicas impulsadas a nivel Trinacional: Ciudad, Limpia, Aguas Compartidas, Bosques para Siempre y Territorio Indivisible. Los procesos de políticas públicas impulsadas en la región han mostrado ser exitosos a pesar que todavía no se logra el seguimiento adecuado a las actividades, debido a varios motivos, entre ellos la falta de recursos humanos, financieros y problemas de logística.

En contraste, es evidente la poca divulgación a la población de las políticas públicas impulsadas por la institución, lo que no permite a los socios lograr mayor cumplimiento de los compromisos, y existe el desconocimiento de las mismas por algunos miembros de los concejos y corporaciones municipales; además, el impulso de algunos de servicios han generado controversias y diferencias con algunas mancomunidades que consideran a esta entidad como una competencia.

Otros de los servicios institucionales es el apoyo al personal técnico de mancomunidades y miembros de junta directiva para su participación en procesos de formación; también se han realizado procesos de formación a técnicos municipales para el desarrollo y fortalecimiento de sus capacidades; lastimosamente se ha observado poco interés del personal municipal, de mancomunidades y autoridades locales para participar en estos procesos de formación.

3.11 Ambiente físico y biótico

3.11.1 Aspectos geológicos regionales

Sobre la placa del Caribe, es donde la Región Trifinio se encuentra situada, dicha placa se ha movido un poco más de 130 km en dirección al este durante las fallas del valle del río Motagua, con respecto a la gran placa de Norte América. Las placas de Cocos al sur de la fosa de Mesoamérica y la placa del Caribe, por sus choques han provocado una configuración geológica afectada altamente. Durante el mioceno se formó una zona de subducción, la cual es responsable de la intensa actividad ígnea y volcánica desde esa época hasta el día de hoy. (Plan Trifinio 1988).

La parte norte del área del Trifinio está ubicada entre el sistema de fallas del valle del río Motagua y la falla de Jocotán Chamelecón en Honduras, las cuales tienen un rumbo noreste. Al norte de la falla de Chamelecón en Honduras se ubica la gran falla de Pueblo Nuevo, que ha sido desplazada por la falla Chamelecón, la cual, al igual que la falla Motagua, muestra un movimiento siniestral (bloque norte se mueve al oeste) de traslación horizontal. Esos esfuerzos han provocado fallas y fracturamiento semiregionales y locales en sentido paralelo tangencial y perpendicular a las estructuras mayores, cuyas estructuras geológicas secundarias han influenciado la orientación y densidad del drenaje actual. (Moreira 2017)

Según varios estudios realizados en la Región del Trifinio, los cuerpos ígneos, como plutones y troncos de menores dimensiones se consolidaron en dos épocas diferentes. Los plutones complejos de mayor dimensión, como el de Chiquimula, se emplazaron en el norte al final del Cretácico y los troncos de menores dimensiones al sur son del Oligoceno o Mioceno, 23 como los cuerpos ígneos de los distritos de Concepción Las Minas y Metapán, en Guatemala y El Salvador. (Moreira 2017).

3.11.2 Suelos

Según la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (2011), en la Región Trifinio, una alta variabilidad de material parental distribuido en un relieve heterogéneo y sometido a condiciones climáticas y biológicas muy variables, ha originado una variedad de suelos:

Entisoles, Alfisoles, Ultisoles, Molisoles, Alfisoles, endosoles existen en diferentes agrupaciones.

Cuadro 1. Descripción de los grupos de suelos en la Región Trifinio

Grupo de suelos	Símbolos	Características
Inceptisoles, Entisoles y Vertisoles	Inc, Ent, Vert	Suelos pesados, con problemas de manejo, prouctivos y poco susceptibles a la erosión
Entisoles, Andosoles y Alfisoles	Ent, And, Alf	Suelos de textura moderadamente, gruesa, susceptibles a la erosión y de poco o medianamente productivos
Andosoles, Alfisoles y Ultisoles	And, Alf, Ult	Suelos profundos arcillosos muy susceptibles a la erosión y de productividad baja a moderada, apta para cultivos perennes
Alfisoles, Entisoles, Inceptisoles y Andosoles	Alf, Ent, Inc	Suelos recientes, sin desarrollo, de textura mediana y drenaje restringido. Poco susceptibles a la erosión, y de mediana a alta productividad con drenaje e irrigación
Andosoles, Alfisoles y Entisoles	And, Alf, Ent	Suelo profundo moderado, de textura media a fina, moderadamente susceptibles a la erosión, de productividad moderada, no aptos para cultivos anuales.
Andosoles, Entisoles, Alfisoles y Molisoles	And, Ent, Alf	Suelos pedregosos, poco profundos, susceptibles a erosión y de baja o mediana productividad, aptos para la producción forestal o ganadera

Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

De acuerdo al CATIE (2005), se estima que un 73% del área de la CARL está siendo utilizadas con mayor intensidad de su capacidad productiva, aquí se encuentran actividades agrícolas en áreas aptas para cultivos permanentes, forestales o estrictamente de conservación, también se encuentran cultivos permanentes como el café en áreas forestales. Los municipios que tienen más áreas con sobreuso del suelo son San Antonio Pajonal, Santiago de la Frontera, Masahuat, Metapán, Agua Blanca, Concepción Las Minas y Esquipulas.

3.11.3 Clima (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011)

En general, el clima de la Región Trifinio está influenciado por la convergencia intertropical y la actividad ciclónica del Mar Caribe (huracanes y depresiones tropicales), y por el ingreso y paso de frentes cálidos procedentes del Océano Pacífico. En los valles de la región, el calentamiento del aire superficial favorecer la formación de lluvias convectivas.

a. Precipitación

Los promedios de las precipitaciones mensuales y anuales que se registraron en los últimos veinte años (1990 – 2010) se muestran en Tabla 1. Las precipitaciones anuales más bajas se midieron en las estaciones de Nueva Ocotepeque (909.1 mm) y La Ceibita (962.1 mm); mientras que las más elevadas están en La Palma (2,369.2 mm) y Planes de Montecristo (2,189.7 mm). Las precipitaciones por mes se diferencian claramente en una época seca de noviembre a abril y otra lluviosa de mayo a octubre. Durante julio y agosto disminuye la lluvia por 20 a 30 días.

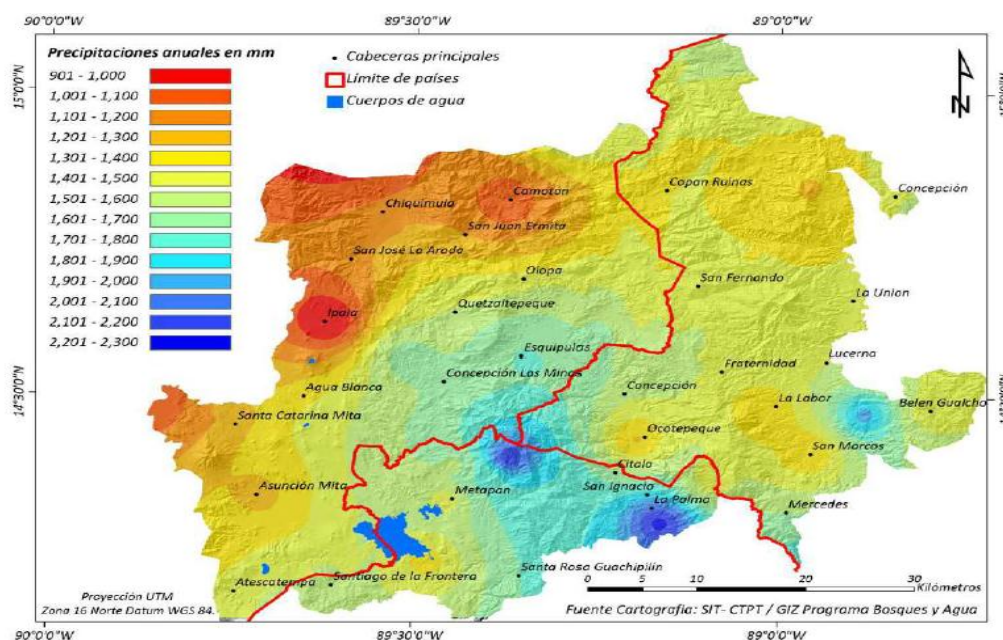
Cuadro 2. Precipitaciones mensuales por estación en la Región Trifinio (en mm), en base a registros serie de datos de 1990 a 2010.

Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	anual
Guija	2.8	2.2	8.5	71.1	176.0	234.6	215.9	223.4	273.6	137.4	41.8	4.1	1391.0
La Palma	3.3	8.3	22.9	73.7	258.3	476.1	323.3	366.6	478.9	295.4	57.3	5.4	2369.2
Las Pilas	5.1	4.2	15.9	35.4	151.0	261.5	215.7	221.8	320.9	168.4	33.9	6.9	1440.6
Esquipulas	9.2	5.8	14.2	47.2	160.4	305.8	271.2	285.6	360.1	196.5	41.1	18.2	1715.4
Camotán	4.7	3.5	8.8	37.2	119.2	271.2	168.0	184.5	229.4	115.4	27.6	10.8	1180.3
Asunción Mita	0.9	2.5	4.7	28.0	169.5	284.8	203.5	205.3	286.9	144.0	20.5	6.2	1354.7
La Ceibita	0.4	0.5	3.5	18.3	104.1	220.4	153.8	160.0	186.7	113.2	27.0	5.4	962.1
Planes de Montecristo	10.2	10.0	27.0	84.7	238.0	429.5	317.5	310.1	435.3	234.6	69.5	23.5	2189.7
Nueva Ocotepeque	0.9	4.2	10.9	27.2	150.1	262.7	224.5	228.8	260.9	163.5	32.0	2.8	909.1
Santa Rosa de Copán	29.4	22.7	18.8	31.6	91.5	236.3	172.7	150.9	243.2	132.5	73.5	42.7	1221.7

Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

Del mapa generado se identifican tres regiones: la más lluviosa, que se ubica en el área de influencia de las estaciones de La Palma y Montecristo con precipitaciones entre 1,900 y 2,300mm, precipitaciones intermedias entre los 1,400 y los 1,800 mm, que se registran en los municipios del Trifinio hondureño y en una faja que atraviesa de norte a sur los municipios guatemaltecos de Camotán hasta Asunción Mita. La región seca del Trifinio se caracteriza por precipitaciones entre los 900 y 1,300 mm y se ubica en los municipios del noreste de la región, todos en la República de Guatemala.

Figura 2. Precipitaciones anuales (en mm), en base a interpolaciones de serie de datos de 1990 a 2010.



Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

b. Temperatura

La Región Trifinio se ubica en el cinturón climático de los trópicos, registrando temperaturas promedio similares durante todo el año con mínimas variaciones mensuales. Los meses de enero y diciembre registran temperaturas más bajas, mientras los meses más calurosos son los de marzo y abril.

Dentro de la Región Trifinio, de acuerdo a la altitud, las temperaturas más cálidas se registran en los valles y partes bajas de Guatemala y en las depresiones al sur de Copán Ruinas en Honduras. Las temperaturas más frías se registran en los macizos montañosos de Montecristo y El Pital.

c. Humedad relativa

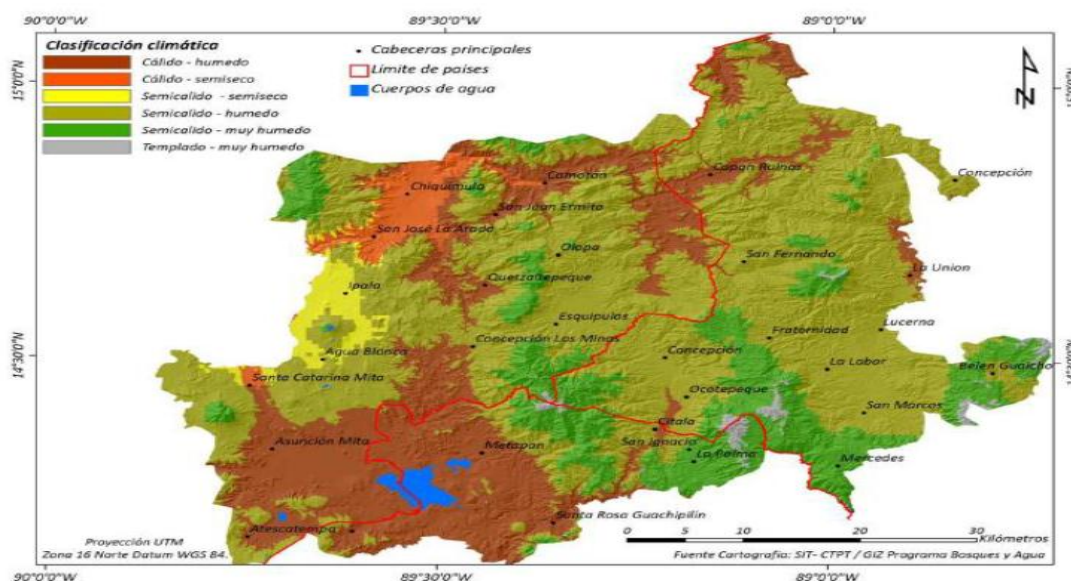
La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire. Es útil para calcular la evaporación y transpiración y como indicador de la probabilidad de lluvia convectiva. Existen tres zonas con diferentes niveles de humedad relativa: La zona de

baja humedad relativa (63 a 70%) se ubica en las partes bajas del sur. Pequeñas áreas del territorio alrededor de Camotán y Ocotepeque complementan esta zona de baja humedad. La mayor parte del territorio pertenece a la zona intermedia (70.5 a 81%). La zona de alta humedad relativa (81.5% en adelante) se encuentra en la parte alta del territorio. El mapa fue generado con la metodología de interpolación IDW.

d. Clasificación climática según Thornthwaite

Las estaciones climáticas de la Región Trifinio, según la jerarquía de humedad de Thornthwaite, se pueden caracterizar como muy húmedo, húmedo o semi-seco. Para las jerarquías de temperaturas, los resultados obtenidos corresponden a cálido, semi-cálido o templado.

Figura 3. Clasificación climática según Thornthwaite, en base a método de clasificación climática Thornthwaite y datos climáticos de la región.



Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

En el mapa anterior se muestra que el clima más frecuente en la Región Trifinio es el semi-cálido húmedo. Se extiende a la mayor parte del Trifinio hondureño, así como a la región noreste del Trifinio guatemalteco. El clima cálido húmedo se encuentra alrededor del Lago de Güija y en los valles en las zonas de San Juan Ermita, Camotán y Copán Ruinas.

El clima muy húmedo, sea semicálido o templado, se da en las zonas altas del territorio, como en el macizo Montecristo, El Pital, la Montaña de Guisayote y el Cerro Celaque. Las zonas más secas (clasificadas como semisecas cálidas o semisecas semicalidas) se encuentran en la sub región de Chiquimula y las partes bajas del Volcán de Ipala.

3.11.4 Hidrología

La Región Trifinio cuenta con un sistema hídrico de importancia regional para América Central. La red hídrica superficial está conformada por partes de tres grandes cuencas: la cuenca trinacional río Lempa, la cuenca binacional del río Motagua y la cuenca nacional del río Ulúa.

Las tres grandes cuencas se dividen en diez sub cuencas: siete en la cuenca del río Lempa, dos subcuencas que drenan hacia el río Motagua y la subcuenca del río Higuato que forma parte de la cuenca del río Ulúa.

Figura 4. Cuencas y subcuencas trifinio



Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

a. Densidad de drenaje superficial

La densidad de drenaje de las redes hidrológicas superficiales es la relación entre el área de la cuenca y el agua que se encuentra circulando (ríos) o en reposo (lagos, lagunas, embalses, humedales) en la superficie terrestre. Esta agua superficial es agua

de las lluvias que no se infiltra ni se evapora, o agua que proviene de manantiales y nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Las características topográficas, geológicas y climáticas, así como la vegetación de la cuenca, determinan la densidad superficial de la red hídrica. Es un indicador que sirve para detectar zonas que son susceptibles a erosión o amenazadas por inundaciones. En una cuenca con alta densidad de drenaje, hay más peligro de erosión.

Cuadro 3. Densidad superficial de drenaje en subcuencas de la Región Trifinio

Cuencas y subcuencas	Área (km2)	Longitud de los cursos de agua (km)	Densidad de drenaje
Cuenca Alta del Río Lempa	4343.1	4654.9	1.07
Lago de Guija	116.1	29.2	0.25
Laguna de Metapán	151.5	136	0.90
Río Angue	615.8	606.8	0.99
Río Cusmapa/Laguna de Atescatempa	260.4	268.2	1.03
Río Guajoyo	252.4	190.8	0.76
Río Lempa Alto	1411.1	1759.1	1.25
Río Ostúa	1535.8	1664.8	1.08
Cuenca Río Motagua	2910.6	2733.5	0.94
Río Copán/Cuílco	1696.6	1612.4	0.95
Río Grande Zacapa Parte Alta	1214	1121.1	0.92
Cuenca Río Ulúa	1742.1	2088.9	1.20
Río Higuíto	1742.1	2088.9	1.20
Total general	8995.8	9477.2	1.05

Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

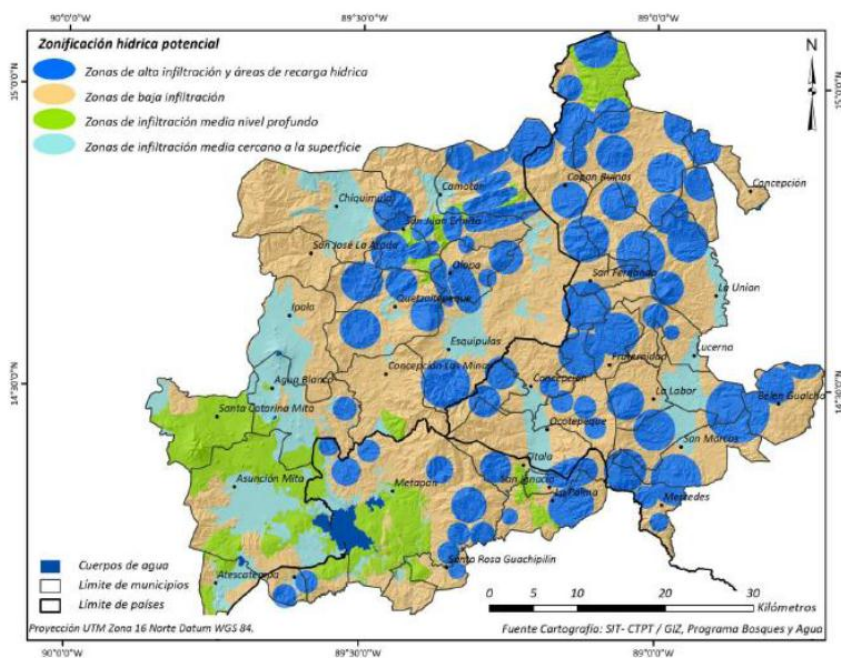
b. Zonificación hídrica subterránea en la Región Trifinio

Las zonas de recarga hidrogeológica son las áreas del territorio que por sus condiciones físicas, geológicas y topográficas, permiten la infiltración del agua proveniente de la lluvia (precipitación), hacia las zonas dentro del subsuelo para lograr su almacenamiento. La salida a la superficie de estas aguas se da en forma de fuentes (nacimientos, manantiales, ojos de agua), o por la extracción de agua a través de pozos.

En la Región Trifinio se identifican cuatro tipos de zonas hidrogeológicas en función de la capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea:

- Zonas de alta infiltración o áreas de recarga hídrica: Tienen que protegerse para asegurar el abastecimiento de agua, tanto en cantidad, como en calidad. Aquí se recomienda mantener o restablecer el bosque y restringir cualquier actividad agrícola e industrial.
- Zonas de infiltración media, donde el nivel de agua se encuentra muy profundo: Se pueden desarrollar actividades humanas y agrícolas de manera restringida en cuanto al uso de fertilizantes y pesticidas. Los asentamientos humanos pueden establecerse con la utilización de fosas de hoyo como saneamiento básico.
- Zonas de infiltración media, donde el nivel de agua se encuentra muy cercano a la superficie: Por esta cercanía son medianamente vulnerables, pero son propicias para asentamientos humanos con sistema de alcantarillado o letrinas aboneras. En las actividades agrícolas y ganaderas se deben evitar la utilización de fertilizantes y agroquímicos de alta toxicidad.
- Zonas de baja infiltración: Que por su baja vulnerabilidad a la contaminación del agua son propicias para el establecimiento de asentamientos humanos, localización de sitios de disposición de desechos sólidos, actividades agrícolas y ganaderas con restricciones mínimas.

Figura 5. Zonificación hídrica potencial Región Trifinio, en base a capas de mapa hidrogeológico.



Fuente: (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011).

3.11.5 Calidad del agua (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2008)

Según estudios sobre el Índice de la Calidad de Agua –ICA- de la cuenca alta del río Lempa, en donde se utilizaron elementos básicos para definir la aptitud del cuerpo de agua con respecto a los usos que puede tener. De manera general, la calidad del agua se ve afectada al disminuir el caudal de los ríos en época seca y aumentar los niveles de concentración de compuestos contaminantes. Es importante indicar que el agua de todos los efluentes del río Lempa monitoreados, están contaminados por coliformes fecales, afectando gravemente la calidad que no la hace apta para consumo humano.

La calidad físico-química del agua de la mayoría de los cuerpos de agua estudiados es aceptable, únicamente el río San José presenta alta contaminación, debido a la descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento sobre el cauce del río. Así como el río Atulapa que el agua presenta una alta demanda biológica y química de oxígeno, producto de la contaminación con aguas residuales del beneficiado de café (aguas mieles).

El agua de los ríos de la parte alta de cuenca del río Lempa y el río Jupilingo está contaminada con coliformes totales y coliformes fecales, en todos los ríos monitoreados el número más probable de colonias es superior a los valores de referencia establecidas en la normativa de los tres países para agua de consumo humano.

3.11.6 Vulnerabilidad a desastres (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011)

La vulnerabilidad se entiende como la exposición de las personas o lugares a riesgos. Es el alcance de la capacidad para resistir y hacer frente a los peligros y poder recuperarse de los desastres que dependen de factores físicos, económicos, sociales y políticos.

El riesgo que se produzcan daños graves por un evento natural extremo está influido por dos factores: es producto de la probabilidad de un evento extremo (amenaza) y del grado de vulnerabilidad de la población. La vulnerabilidad en Centroamérica es generalmente alta, debido al subdesarrollo de la región y la carencia de recursos y capacidades, que a menudo impide la implementación de medidas adecuadas.

a. Amenazas naturales

La amenaza es alta, la región se ve afectada frecuentemente por muchos tipos de eventos naturales extremos, entre ellos huracanes, terremotos, actividades volcánicas y deslizamientos.

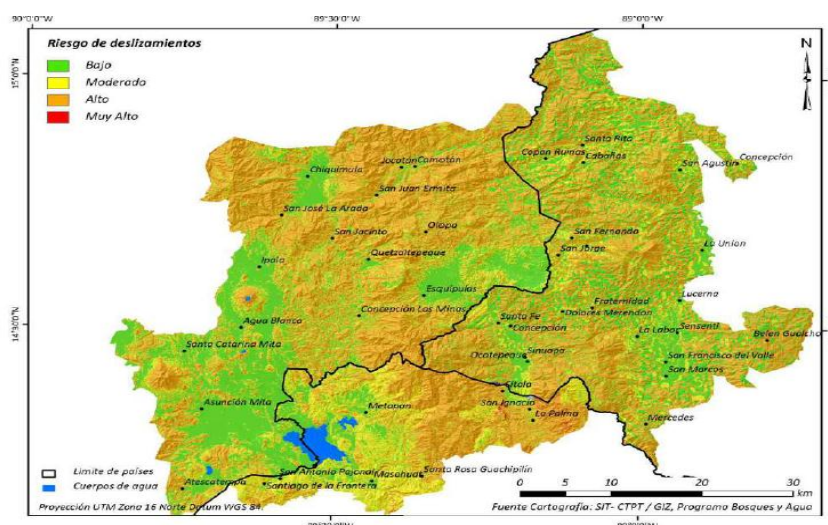
A nivel mundial, los tres países que confluyen en la Región Trifinio están entre los países con tasas de mortalidad más altas, debido a múltiples amenazas naturales. Bangladesh ocupa la primera posición seguido de Nepal. El Salvador está en la posición ocho, Honduras en noveno y Guatemala seguido en la décima.

b. Deslizamientos

Los deslizamientos se caracterizan por movimientos del suelo causados por las fuerzas gravitacionales que actúan en la superficie y en el subsuelo de poca profundidad. Deslizamientos pueden ser provocados por eventos naturales, tales como tormentas extremas, períodos prolongados de lluvia y terremotos, y también por actividades

humanas como la explotación minera, excavaciones, construcción de carreteras y el uso de explosivos.

Figura 6. Deslizamientos en la Región Trifinio



Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

Las propiedades físicas de los suelos determinan el grado de la estabilidad y por lo tanto, influyen mucho en la susceptibilidad a deslizamientos. Otros factores importantes son la estructura geológica y las condiciones hidrogeológicas de la zona. En la Región Trifinio, la combinación de suelos áridos, con formaciones rocosas ampliamente fracturadas y zonas de alta pendiente provoca erosión que conlleva a la formación de cárcavas, así como a deslizamientos.

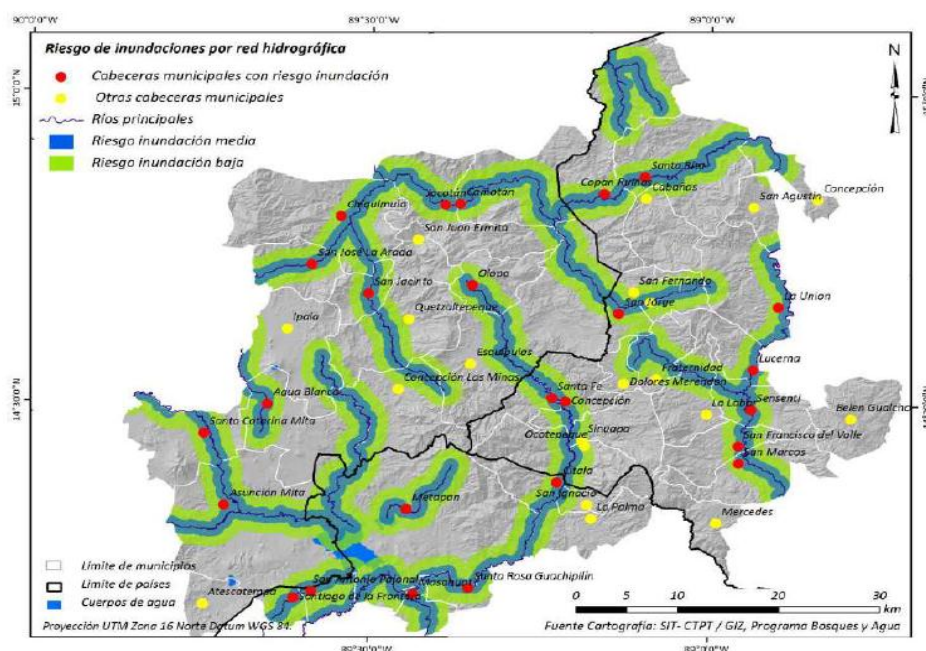
Un estudio realizado por el Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales de Guatemala, ha identificado sitios donde se manifiestan deslizamientos en las siguientes zonas: Cárcava El Zompopero y El Hormiguero en los municipios de San Ignacio y La Palma, El Salvador, cuenca de río Marchala a la altura de la Vieja Ocotepeque, Honduras y en la zonas de Concepción Las Minas en Guatemala.

En los últimos cien años, hubo dos deslizamientos de gran magnitud en la Región Trifinio. Sin embargo, según los registros de INSIVUMEH, el Trifinio presenta una baja actividad de deslizamientos comparado con otras zonas de Guatemala.

c. Inundaciones

Las inundaciones en la Región Trifinio son provocadas por ciclones tropicales, tormentas convectivas o huracanes. El uso inadecuado de la tierra y el drenaje son factores que aumentan el riesgo por inundaciones. Causan aumentos en el caudal de los cauces y en consecuencia, desbordamiento de los ríos en las partes más bajas. La destrucción de puentes, caminos y líneas de comunicación son los efectos más frecuentes. Además, pueden provocar deslizamientos, daños a viviendas y a la producción agrícola.

Figura 7. Riesgo de inundaciones por red hidrográfica



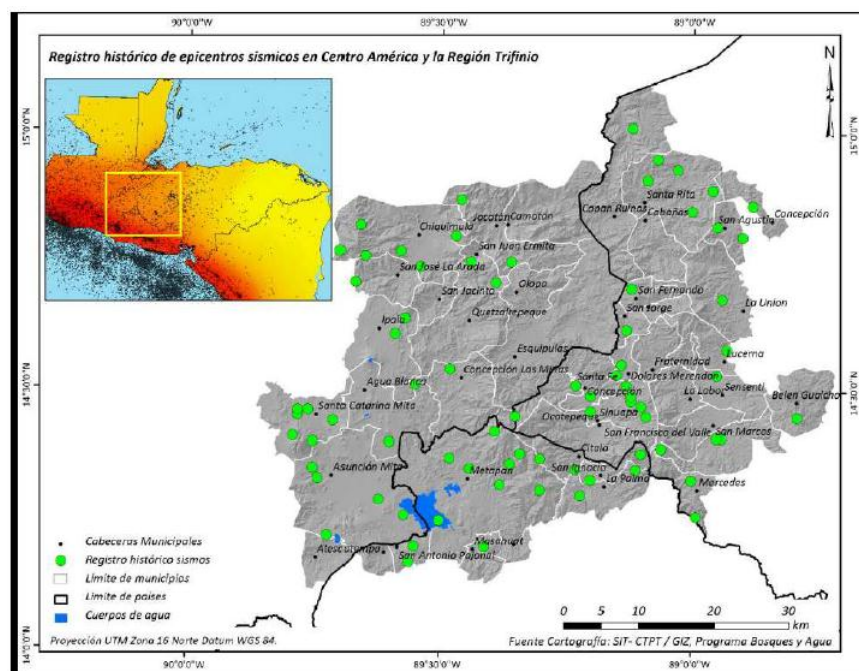
Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

d. Sismos

La mayoría de los terremotos centroamericanos ocurren a lo largo de la zona de subducción submarina y dentro de la cadena volcánica terrestre. Otra área importante con actividad sísmica significativa es la zona Motagua-Polochic, que está afectada por un sistema de fallas de desgarre con movimiento siniestral en el flanco noroeste de la región. Corre a través de Guatemala desde la zona de fractura de Swan en el mar Caribe y marca el límite entre las placas Caribe y Norteamericana.

En el Trifinio, el riesgo sísmico es particularmente alto en las zonas de alta densidad poblacional, ya que estas son más vulnerables. Los terremotos en la zona de la subducción en Centroamérica pueden alcanzar magnitudes de hasta $M = 8$ en la escala de Richter y pueden afectar áreas extensas con relativamente altas aceleraciones de suelo. Sin embargo, las áreas epicéntricas con la aceleración máxima se sitúan en el océano Pacífico.

Figura 8. Registro histórico de epicentros sísmicos en Centro América y la Región Trifinio



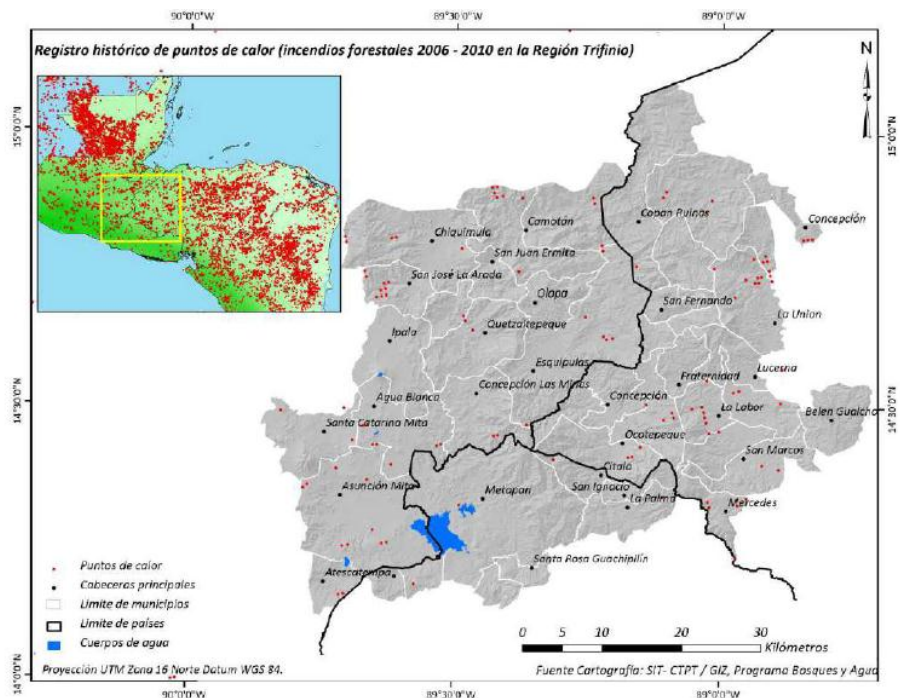
Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

e. Incendios

Recientemente se ha finalizado el análisis multitemporal de la cobertura y uso del suelo en la Región Trifinio. Los resultados preliminares muestran una reducción del 30% de los bosques (latifoliado, coníferas y mixtos) con una tasa de deforestación del 1.2% anual en los últimos 24 años. Los incendios forestales son una de las causas de deforestación que afectan directamente los bosques. En la Región Trifinio aproximadamente 100,000 ha de bosques mixtos y coníferas están amenazados por incendios forestales. El área real afectada por quemas cada año es difícil de obtener,

ya que en ninguno de los tres países se cuenta con una evaluación de los sitios y zonas afectadas.

Figura 9. Registro histórico de puntos de calor Región Trifinio



Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

f. Sequías

Según Moreira (2017), en la Región Trifinio, en los municipios Metapán, San Antonio Pajonal, Santa Rosa Guachipilín y Masahuat sufren una de las mayores amenazas naturales como lo son las sequías. Contienen zonas clasificadas nacional e internacionalmente en una situación prioritaria de atención por el avance de desertificación.

Comparado con las inundaciones, la sequía ha tenido un impacto drástico en la región, sobre todo si es combinada con la crisis reciente de la plaga que azota las plantaciones de café. Este fenómeno ha creado crisis en el ámbito económico y alimenticio en la Región Trifinio.

3.11.7 Flora (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011)

La Región Trifinio se caracteriza por tener muestras representativas de tres bio-regiones consideradas muy importantes y amenazadas: Bosque seco tropical de Centroamérica, Bosque de pino-roble (pino-encino) de Centroamérica y Bosque montano húmedo de Centroamérica. Además, en las partes más altas se localiza una de las formaciones geológicas más antiguas del núcleo de Mesoamérica: el Cerro Montecristo, el cual se formó a partir de sedimentos marinos de la era Mesozoica. Particularmente el Macizo de Montecristo se califica como un área clave para la biodiversidad (Key Biodiversity Area), según criterios de conservación internacional. Además, cumple con criterios para ser declarado un sitio de la alianza para cero extinciones.

En la Región Trifinio se reconocen por lo menos 51 especies de plantas que hasta el momento no se han reportado en otros ecosistemas de Centroamérica, entre ellas la planta carnívora *Pinguicola mesophytica*, que posee un hábitat muy restringido. También se localiza la especie silvestre de la flor de pascua (*Euphorbia pulcherrima*). En total, se estima que en la Región Trifinio existen 3,000 especies de plantas.

Además, se contabilizan alrededor de 80 especies con valor nutricional o medicinal. Entre ellas podemos mencionar el chatate (*Cnidioscolus aconitifolius*), zunza (*Licania platypus*), morro o jícara (*Crescentia alata*), paternas, cushines (*Inga* sp), venado cola blanca (*Odocoileus virginiana*), tepezcuintle (*Agouti paca*) y garrobos (*Ctenosaura similis*).

3.11.8 Fauna (Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011)

La Región Trifinio es una ruta transnacional de migración para cerca de 225 especies de aves. También es considerado refugio para especies de fauna que se encuentran amenazados o en peligro de extinción a nivel regional o mundial. Se estima que existen 300 especies de aves, 90 especies de mamíferos y 55 especies de anfibios y reptiles en la Región Trifinio.

Entre las especies de fauna nuevas para la ciencia se reconocen la salamandra *Bolitoglossa heioreias*, la rana *Ptychohyala salvadorensis*, las lagartijas *Abronia*

montecristo, *Norops heteropholidotus*, las culebras *Geophis fulvoguttatus*, *Rhadinaea montecristi*, *Rhadinaea kinkelini* y por lo menos 5 especies de escarabajos.

3.11.9 Áreas protegidas y ecosistemas

De acuerdo a la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (2011), para conservar la riqueza de ecosistemas que existe en la Región Trifinio, se ha creado un sistema de áreas protegidas oficiales. En total 15% del territorio pertenece a una de las siguientes áreas protegidas:

Cuadro 4. Áreas protegidas y ecosistemas de la Región Trifinio

Área protegida	Categoría de manejo	País	Área (Km2)
Montaña el Celaque	Parque Nacional	Honduras	266.32
Erapuca	Refugio de Vida Silvestre	Honduras	73.17
El Pital	Reserva de Biológica	Honduras	26.64
Güisayote	Reserva de Biológica	Honduras	140.95
Volcán Pacayita	Reserva Biológica	Honduras	102.08
Montecristo	Parque Nacional	Honduras	35.64
Ruinas de Copán	Monumento Cultural	Honduras	12.98
El Pital	Reserva Biológica	El Salvador	11.36
San Diego la Barra	Parque Nacional	El Salvador	22.6
Montecristo	Reserva de Biósfera	El Salvador	37.48
Volcán Ixtepeque	Zonas de Veda Definitiva	Guatemala	18.65
Volcán Suchitan	Parque Regional Municipal	Guatemala	25.44
Volcán y Laguna de Ipala	Área de usos múltiples	Guatemala	22.88
Volcán Quetzaltepeque	Zona de Amortiguamiento	Guatemala	10.97
Montecristo	Reserva de Biosfera	Guatemala	220.58
Volcán las víboras	Zona de Amortiguamiento	Guatemala	24.46
Lago de Güija	Área de Protección Especial	Guatemala	13.94

Fuente: Moreira 2017

Cuadro 5. Áreas protegidas naturales oficiales en la Región Trifinio

Área Protegida	Categoría de Manejo	Área Trifinio (km ²)	Descripción / Observaciones
Montaña de Celaque	Parque Nacional	266.3	
El Pital	Reserva de Biosfera	37.9	Área binacional, no tiene amparo legal
Erapuca	Refugio de Vida Silvestre	73.1	
Güisayote	Reserva Biológica	140.9	
Lago de Huija	Por definir	13.9	No tiene amparo legal
Montecristo	Reserva Biosfera	422.7	
San Diego La Barra	Parque Nacional (estatal)	22.6	Bosque seco de mayor extensión de El Salvador
Volcán Pacayita	Reserva Biológica	102.0	Hogar del grupo étnico Lenca
Volcán Ixtepeque	Zona de Veda Definitiva	18.6	
Volcán Suchitan	Parque Regional Municipal	25.4	
Volcán y Laguna de Ipala	Área de Uso Múltiple	22.8	
Volcán Quetzaltepeque	Parque Regional Municipal	10.9	
Cerro las Cebollas	Parque Regional Municipal	N/D	
Volcán Las Víboras	Zona de Veda Definitiva	24.4	

Fuente: Comisión Trinacional del Plan Trifinio 2011.

3.11.10 Zonas de vida

Según CATIE (2005), de acuerdo a la clasificación de Holdridge, se identifican las siguientes zonas de vida:

- *Bosque seco tropical (bs-T)*: Está presente en los alrededores del lago de Güija y Metapán. La biotemperatura es de 24.2 °C y la precipitación promedio anual de 1,301 mm. Esta zona se caracteriza por sus pendientes pronunciadas, especialmente las cubiertas con lava, sin posibilidad de uso agropecuario.
- *Bosque húmedo subtropical (bh-ST)*: La temperatura media anual es de 24 °C y en las partes altas es de 22 °C, la biotemperatura promedio anual no llega a los 24 °C. La precipitación por año varía de 1,400 mm a 2,000 mm. En la zona existe un régimen de distribución de lluvias durante seis meses del año y seis meses secos.
- *Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST)*: Es la zona inmediata superior al húmedo subtropical (fresco), desde los 100 msnm hasta los 1,500 msnm, con una biotemperatura de 22 °C y precipitaciones mayores a 2,000 mm promedio anual.

- *Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)*: Las áreas boscosas de coníferas están comprendidas dentro de esta formación entre las que se pueden incluir La Palma y Montecristo, las partes altas de Ocotepeque y Esquipulas.
- *Bosque muy húmedo montano (bmh-M)*: Es la zona que corresponde a la parte más alta del Cerro El Pital y otros puntos de la cordillera fronteriza con Honduras. Tiene entre 2500 y 2700 msnm, una topografía muy accidentada y suelos latosoles húmicos - hidromórficos; la temperatura media, varía de 6-12 °C y la precipitación anual de 1000 a 2000 mm. En esta zona hay posibilidad de que sucedan escarchas y heladas, la estación seca se reduce de tres a cuatro meses.

3.12 Identificación de problemas ambientales

3.12.1 Análisis FODA

FODA, herramienta que por sus siglas se define como Fortalezas, Oportunidades, Debilidad y Amenazas. Constituye un sistema que incide en ejecutar estrategias adecuadas en las decisiones que puede llegar a tomar un gerente o jefe administrativo.

Es el análisis de variables controlables, es decir, las internas (debilidades y fortalezas que son parte de la organización y por lo tanto, se puede actuar sobre ellas con mayor facilidad), y de variables no controlables, o sea, las externas (oportunidades y amenazas que presenta el contexto y la mayor acción que podemos tomar con respecto a ellas es preservarlas y actuar a nuestra conveniencia).

- **Fortaleza:** elementos positivos que diferencian de la competencia.
- **Debilidades:** problemas presentes que una vez identificados y desarrollando una buena estrategia, pueden y deben eliminarse.
- **Oportunidades:** situaciones positivas que se generan en el medio y que están disponibles para todas las empresas, que se convertirán en oportunidades de mercado para la empresa cual ésta las identifique y las aproveche en función de sus fortalezas.
- **Amenazas:** situaciones o hechos externos a la empresa o institución y que pueden llegar a ser negativos para la misma.

Tomando como base lo indicado, se analizaron las principales características internas y externas de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL-. Previo a la recopilación de información sobre la institución se muestra el siguiente análisis FODA.

**Cuadro 6. Análisis FODA del área de influencia de la Mancomunidad Trinacional
Fronteriza Río Lempa –MTFRL-**

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Actualmente cuenta con cinco Políticas Públicas Locales Transfronterizas, que enfrentan la problemática de la región.	Interés de otros municipios de los tres países en asociarse a la MTFRL.	Alteración de fechas programadas para la realización de alguna actividad, por falta de organización institucional y por diversos proyectos planificados en un lapso de corto tiempo.	Cambios de funcionarios y empleados de las Municipalidades; así como también, del personal de Juntas Directivas en las diferentes comunidades de los municipios socios que interrumpen la gestión de los proyectos y/o actividades que se estén llevando a cabo en dicho momento.
Cooperación y apoyo intermunicipal para el desarrollo de la Región.	Nuevos convenios con entes internacionales para asegurar la gestión sostenible del territorio de los recursos naturales de la Región.	Poca divulgación en la población sobre las Políticas Públicas promovidas por la MTFRL.	Cambios políticos de los gobiernos locales y nacionales de los tres países, afectando el vínculo entre la MTFRL y ellos.
En los tres países, existen cinco plantas municipales de compostaje y tres plantas mancomunadas de manejo integral de desechos sólidos.	Incremento y fortalecimiento de una educación ambiental para una mejor cultura, con apoyo de diferentes centro educativos.	Alta dependencia de la cooperación internacional.	Indiferencias de ideas y coordinación entre las instituciones que cooperan en la gestión de proyectos impulsados por la MTFRL, generando conflictos así mismos.
Conservación de los ecosistemas que integran la Región.	Apoyo financiero para los diversos proyectos planificados.	Áreas o unidades de trabajo con sobrecarga de actividades y/o proyectos, impidiendo el cumplimiento o mejoramiento de los resultados planificados.	Inseguridad y violencia en la Región, poniendo en riesgo la vida de los técnicos de la MTFRL.
Cooperación internacional asegurando la gestión sostenible del territorio de la Región y sus recursos.	Surgimiento de nuevos cooperantes.	Escaso conocimiento de las normas, manuales y reglamentos impulsados por la MTFRL.	Vulnerabilidad y amenazas a desastres naturales debido a la topografía y condiciones meteorológicas del territorio de la Región.

Continuación cuadro 6.

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Iniciativa de proponer y a su vez, ejecutar proyectos ambientales y de desarrollo.	Espacio geográfico suficiente en el que la Mancomunidad opera.	Diagnósticos de los municipios y de la Región que se encuentran desactualizados.	Diversidad de corrientes políticas que impiden o limitan los procesos de integración.
Equipo y materiales adecuados para ejecutar actividades y/o proyectos planificados.	Apoyo de centros educativos que facilitan la divulgación de los reglamentos y normas que promueve la MTFRL.	Necesidad de actualizar o modificar los estatutos existentes con el fin que se adecuen a la realidad de la MTFRL.	Disminución de biodiversidad física y biótica debido al crecimiento de cacería, comercio ilegal y otros aspectos importantes.
Capacitación y formación a los técnicos municipales de los diferentes municipios que forman parte de la MTFRL.		Actualización de informes o documentos que presentan estudios sobre la descripción del ambiente físico y biótico de la Región. Así como también sobre información de la caracterización socioeconómica. (Por ejemplo: el Plan Estratégico Trinacional, 2005).	
Vehículos en buen estado para trasladarse a los tres países cuando es necesario.		Carencia de vigilancia a las instalaciones que resguarde la seguridad del inmueble, bienes muebles y personal.	
Equipo técnico institucional capacitado para llevar a cabo la planificación, formulación y gestión de proyectos relacionados con las Políticas Públicas.			
Edificio propio con instalaciones adecuadas en Ocotepeque, Honduras; y en Candelaria La Frontera, El Salvador. Para la realización de actividades.			
23 municipios socios			

3.12.2 Problemas ambientales

La Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- promueve y desarrolla proyectos con el fin de proteger y conservar los recursos naturales de la Región Trifinio; y a su vez, impulsa la sostenibilidad de las comunidades de los diferentes municipios socios.

A continuación se mencionan aspectos que afectan negativamente el ambiente y a su vez, la salud de los habitantes del área de influencia de la mancomunidad:

- La contaminación por coliformes fecales del agua proveniente de la cuenca alta del río Lempa, así como otros compuestos sólidos que alteran la calidad del agua.
- Escasa vegetación en los alrededores donde se encuentran las instalaciones de la MTFRL. Viéndose afectado el entorno; por ende, considerando que dicha institución es quien promueve e impulsa el desarrollo de la sostenibilidad de los recursos naturales de la región, debe de servir como ejemplo para los municipios socios.
- En relación a la cantidad de aire que se da en el lugar de las instalaciones de la MTFRL, cabe resaltar que el área de parqueo no está pavimentado, sendo así, puede llegar a influir negativamente en la salud de quienes trabajan en la mancomunidad, como resultado de la elevación de polvo que puede provocar la corriente de aire que se produce en la zona.

3.12.3 Principales impactos ambientales

Los principales impactos ambientales que existen dentro del área de influencia de la mancomunidad son:

- Falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Carencia de infraestructuras para el saneamiento de desechos sólidos.
- Explotación de aguas por parte de las fincas ganaderas de la Región.
- Contaminación de aguas subterráneas y superficiales.
- Escases del recurso hídrico por la inadecuada administración del sistema.

4. PLAN DE ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DESARROLLADAS

4.1 Divulgación de la política pública “Aguas Compartidas”

Descripción

La política de “Aguas Compartidas”, tiene como propósito mejorar la calidad de vida de las poblaciones, tanto rural como urbana de la Región Trifinio, a través de una gestión integral de dicho recurso para proveer de agua potable, en cantidad y calidad a la población.

Por lo tanto, existe la necesidad de apoyar campañas de sensibilización para la gestión integral del recurso hídrico.

Los municipios sensibilizados fueron: Esquipulas, específicamente la zona 1 de la ciudad y Ocotepeque, específicamente en Colonia Santa Clara.

Objetivo

Sensibilizar a la población de la zona 1 en el municipio de Esquipulas; y, Ocotepeque sobre la gestión integral de los sistemas de agua potable.

Meta

Sensibilizar a los habitantes de:

- 1,400 personas en la zona 1 de la ciudad de Esquipulas, Guatemala.
- 350 personas en la colonia Santa Clara, municipio de Ocotepeque, Honduras.

Procedimiento

Se realizaron visitas a las viviendas de cada área, con el objetivo de concientizar a los usuarios sobre la administración correcta de los servicios de agua potable; indicando las consecuencias de una cultura incorrecta al no reportar las fugas de agua, la importancia de usar medidor de agua para un mejor control; y por último, sensibilizar a la población para realizar los pagos de forma oportuna del servicio de distribución de agua.

Además, se concientizó sobre la conservación del recurso hídrico; para evitar las pérdidas por efecto de un mal manejo de agua en el hogar, así como la conservación de los bosques y la prevención de la contaminación del agua superficial.

a) Colonia Santa Clara, Ocotepeque, Honduras.

- Se conformó la Junta de Agua en la colonia Santa Clara.
- Se realizó la planificación para el desarrollo del proceso de sensibilización y capacitación de las Juntas de Agua.
- Se colocaron afiches en cada vivienda con información sobre el tema.

b) Zona 1, ciudad de Esquipulas, Guatemala

- Se coordinó con técnicos del departamento de DEMPAGUA de la municipalidad de Esquipulas, para el desarrollo de la campaña de sensibilización.
- Se realizó la planificación para el desarrollo del proceso de sensibilización y capacitación.
- Se colocaron afiches en cada vivienda con información sobre el tema.

Recursos

- *Físicos:* afiches y volantes, sellador, transporte, libreta de campo.
- *Humanos:* técnicos de las municipalidades y con estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental CUNORI.

Evaluación

Se desarrolló una campaña de sensibilización ciudadana de la Política Local Transfronteriza de “Aguas Compartidas”, en la zona 1 del municipio de Esquipulas, Guatemala, sensibilizando a la población de 1,400 viviendas; y, en la colonia Santa Clara del municipio de Ocotepeque, Honduras, se sensibilizó a la población de 350 viviendas; con lo cual se alcanzó la meta establecida.

Durante el desarrollo de la campaña de sensibilización, se pudo observar que las personas mostraron muy poco interés por la conservación, manejo y uso eficiente del recurso hídrico. Esto es importante mencionarlo, porque es necesario continuar con este

tipo de campañas, apoyadas con educación ambiental para generar mayor interés de parte de los usuarios del servicio municipal de agua. También es importante implementar otras estrategias a través de diferentes medios de comunicación para llegar a un mayor número de pobladores que incida en una gestión más apropiada del recurso hídrico a nivel de las áreas urbanas.

4.2 Monitoreo de la calidad del agua subterránea del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC)

Descripción

El acuífero Ocotepeque-Citalá, es una estructura subterránea que se comparte entre dos países Honduras y El Salvador; permitiendo la circulación del agua a través de diversas grietas y la porosidad para abastecer a los habitantes de ambos países.

Debido a la contaminación a las que están expuestas las aguas subterráneas y las personas manifiestan dicha situación, es necesario realizar monitoreos de forma periódica de la calidad del agua subterránea, para conocer su estado y plantear acciones encaminadas a proteger este recurso y a proveer de agua de calidad a la población, para evitar riesgo a enfermedades.

Por lo antes indicado, es importante monitorear la calidad del agua del acuífero Ocotepeque-Citalá. Esta actividad se planteó en coordinación con el proyecto GGRETA (*por sus siglas en inglés –Groundwater Resources Governance in Transboundary Aquifers–*).

Objetivo

Determinar la calidad del agua subterránea del acuífero Ocotepeque-Citalá.

Meta

Realizar 2 monitoreos de la calidad del agua en 27 pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (20 en Honduras y 7 en El Salvador).

Procedimiento

- **Identificación y localización de los pozos**

- Se realizaron visitas a las municipalidades para revisar las carpetas técnicas de pozos que se han construido como proyectos municipales.
- Se visitaron los pozos para ubicarlos y georeferenciarlos; así mismo, para verificar la factibilidad de tomar muestras de agua.
- En los pozos de propiedad privada se llegó a un acuerdo con el propietario para el permiso correspondiente y realizar los monitoreos de la calidad del agua.

- **Técnica para toma de muestras de agua subterránea**

Para realizar el monitoreo de la calidad del agua se consideró el tipo de pozo y el equipo de bombeo; procediendo a realizar el monitoreo de la forma siguiente:

- En pozos perforados de uso continuo: se ubicó la válvula más cercana en la tubería de salida; luego, se dejó correr el agua durante 15 minutos hasta eliminar el agua retenida y se procedió a recolectar la muestra.
- En pozos excavados o artesanales: se utilizaron las bombas instaladas (eléctricas o manuales) o muestreadores. Se dejó correr el agua por 15 minutos para eliminar el agua retenida en la tubería de succión y posteriormente, se recolectó la muestra.
- Antes de recolectar las muestras, se etiquetaron los recipientes (nombre de la fuente, fecha y hora).
- Previo de extraer la muestra se realizó un triple lavado de los recipientes de 1 L.
- En el caso de las muestras para análisis bacteriológico se utilizó un recipiente de plástico esterilizado de 120 cc; el cual se llenó de una sola vez.
- Las muestras extraídas se colocaron en hileras a 4°C para ser trasladadas al laboratorio y realizar su posterior análisis.

Las muestras para el análisis físico-químico se trasladaron a las oficinas de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa; y las muestras para el análisis

bacteriológico se trasladaron al laboratorio ambiental de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente.

- **Método para análisis físico-químico y bacteriológico**

- Para realizar el análisis físico-químico se contó con un kit multiparamétricos de reactivos y los materiales marca Hach.
- Primero se procedió a leer el manual del equipo para el análisis de cada parámetro: pH, conductividad eléctrica, temperatura, sulfato, fosfato, cloro, manganeso, nitrato, nitrito, hierro y cobre.
- Se aplicó el método específico para cada parámetro en cada una de las muestras de agua recolectadas.
- El análisis bacteriológico se realizó en el laboratorio ambiental de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente.
- Por último, los resultados fueron ingresados a una matriz en el programa Excel para elaborar el reporte.

Recursos

- *Físicos:* GPS, cámara, kit multiparamétricos marca Hach, libreta de campo, transporte, hielera.
- *Humanos:* Técnicos municipales, personal y estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, estudiante EPS de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente.

Evaluación

Se realizaron 2 monitoreos en pozos del acuífero compartido Ocotepeque-Citalá, para determinar la calidad del agua subterránea; en 27 pozos (20 en Honduras y 7 en El Salvador).

De acuerdo a los resultados físico-químicos, el agua de los pozos analizados presentan altas concentraciones de nitratos y fosfatos; y los resultados bacteriológicos, muestran que los 27 pozos analizados tienen presencia de bacterias coliformes en concentraciones superiores a las establecidas por la normativa.

Para el desarrollo de la actividad se presentaron algunas dificultades como: problemas con el acceso a los pozos al momento del monitoreo y la poca participación de los propietarios para permitir el desarrollo de la actividad. Es importante para futuros monitoreos, considerar estas dos dificultades para definir algunas estrategias que permitan tener un acceso más inmediato a los pozos y una mayor colaboración de las personas.

4.3 Determinación de los niveles freáticos en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC)

Descripción

El nivel freático indica el nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. Es decir, que al perforar un pozo de captación de agua subterránea en un acuífero libre, el nivel freático es la distancia a la que se encuentra el agua desde la superficie del terreno.

Con la intención de conocer la profundidad a la que se encuentra el agua en el acuífero y conocer el comportamiento de la variación del nivel freático, se realizó dicho monitoreo en el acuífero compartido Ocotepeque-Citalá.

Esta actividad se realizó con el apoyo del proyecto GGRETA (*por sus siglas en inglés – Groundwater Resources Governance in Transboundary Aquifers-*).

Objetivo

Determinar el nivel freático en los pozos ubicados en el acuífero Ocotepeque-Citalá.

Meta

Determinar el nivel freático en 12 pozos ubicados en el acuífero Ocotepeque-Citalá (3 en El Salvador y 9 en Honduras).

Procedimiento

- **Determinación del nivel piezométrico:**

Para determinar el nivel freático, se procedió de la siguiente forma:

- Preparación y revisión del equipo (sonda).
- Introducción de la sonda en el pozo.
- La sonda, al hacer contacto con el agua indica mediante un sonido que ha alcanzado el nivel del agua y se procedió a anotar el nivel freático en metros.
- Luego de la medición, se procedió al lavado del equipo (sonda), para evitar la contaminación.
- La información recolectada, se ingresó a una matriz en el programa Excel para elaborar el reporte.

Recursos

- *Físicos:* GPS, cámara fotográfica, libreta de campo, vehículo, sonda piezométrica.
- *Humanos:* estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental y estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente.

Evaluación

El monitoreo del nivel freático, se realizó por un período de 11 semanas, llevando a cabo un monitoreo por semana de los pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (3 en El Salvador y 9 en Honduras).

Los resultados indican que los niveles freáticos variaron poco en cada monitoreo, únicamente se observó una variación en semanas donde se registraron lluvias. El nivel freático en los pozos se encontró desde 2.00 m hasta los 46.00 m.

El desarrollo de la actividad se vio influenciada por la dificultad del acceso a los pozos. Para futuros monitoreos es importante socializar con dicha actividad a la población para encontrar en ellos mayor participación.

4.4 Monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lempa

Descripción

Desde el año 2010 se ha desarrollado el monitoreo de la calidad del agua de los principales afluentes del río Lempa; dicho monitoreo ha sido realizado en coordinación con la carrera de Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente. El río Lempa es uno de los principales ríos que nace en Guatemala, pasa por Honduras y El Salvador, pero en su recorrido recibe descarga de aguas residuales provenientes de centros poblados y actividades productivas que alteran la calidad y en muchos casos provoca contaminación.

Monitorear la calidad del agua en la cuenca alta del río Lempa, es de importancia en la gestión del recurso hídrico en la región Trifinio.

Objetivo

Determinar la calidad del agua superficial en los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa.

Meta

Realizar dos monitoreos en 16 ríos y 22 puntos de control, en la cuenca alta del río Lempa.

Procedimiento

- Se realizó la planificación para cada monitoreo con el apoyo del laboratorio ambiental de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente; seleccionando los puntos de control de mayor interés que se han venido monitoreando desde el año 2010.
- Se utilizó la boleta de campo que incluye lo siguiente: lugar de recolección, comunidad/aldea, municipio, hora, fecha, condiciones climáticas y coordenadas.

- Los monitoreos se realizaron por espacio de dos días; haciendo un recorrido en la cuenca alta del río Lempa en los tres países, para ubicar cada río y cada punto de control, objeto de monitoreo.
- En cada punto de control, se tomaron inicialmente datos de campo como: pH, oxígeno disuelto, % de saturación, sólidos disueltos, temperatura y conductividad eléctrica.
- Posteriormente, se recolectaron dos muestras de agua, una en un recipiente de 1 L para el análisis físico-químico y la segunda, en un recipiente de 120 cc, para el análisis bacteriológico. Dichas muestras se recolectaron de acuerdo a los protocolos establecidos por el laboratorio ambiental.
- Las muestras recolectadas se colocaron en hieleras por separado a una temperatura de 4°C para posteriormente trasladarlas al laboratorio en un margen no mayor de 24 horas.
- A nivel de laboratorio se determinaron los siguientes parámetros: turbidez, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, demanda biológica de oxígeno, dureza, sólidos totales, sólidos disueltos totales, coliformes totales, coliformes fecales, y *E. coli*.
- Con los resultados se determinó el Índice de Calidad del Agua.

Recursos

- *Físicos*: hielera, recipientes plásticos, GPS, vehículo, libreta de campo, cámara fotográfica, computadora.
- *Humanos*: personal y estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental del Centro Universitario de Oriente.

Evaluación

Se realizaron dos monitoreos, el primero en el mes de febrero y el segundo el mes de julio de 2018 en 16 ríos y 22 puntos de control, en la cuenca alta del río Lempa.

Con los resultados se determinó el Índice de Calidad del Agua para conocer el estado actual de este recurso en cada punto y poder compararlo posteriormente con resultados de años anteriores. De acuerdo a estos resultados, se puede indicar que el agua de los

principales ríos en la cuenca alta del río Lempa está contaminada por diferentes factores de contaminación, pero especialmente por la presencia de bacterias coliformes.

Se debe continuar con el monitoreo de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lempa, para obtener datos que permitan realizar estudios de variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua.

4.5 Monitoreo de la calidad del agua en sistemas de agua potable del municipio de Ocotepeque, Honduras y municipio de Citalá, El Salvador

Descripción

Debido a que la Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa, recibe reclamos o denuncias periódicas por parte de la población sobre la calidad del agua de los sistemas de abastecimiento municipales, existe la necesidad de realizar monitoreos periódicos para conocer el estado de la calidad del agua que los habitantes utilizan y consumen de forma cotidiana.

Por lo antes indicado, se realizó el monitoreo de la calidad del agua potable en el área urbana de los sistemas de distribución de los municipios de Ocotepeque, Honduras; y del municipio de Citalá, El Salvador.

Objetivo

Determinar la calidad del agua en los sistemas de distribución de agua potable del área urbana del municipio de Ocotepeque, Honduras; y en el área urbana del municipio de Citalá, El Salvador.

Meta

Realizar un monitoreo y recolectar 15 muestras de agua (9 en el área urbana, Ocotepeque, Honduras; y, 6 en el área urbana, Citalá, El Salvador).

Procedimiento

- Se definieron puntos de monitoreo en los sistemas de distribución de agua potable en el área urbana del municipio de Ocotepeque y en el área urbana del municipio de Citalá.
- Se elaboró un mapa con la ubicación de los puntos de monitoreo para cada sistema.
- Se coordinó con el Laboratorio Ambiental de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente para el desarrollo del monitoreo.
- Se realizó el monitoreo dividiendo los sistemas en tres partes; la parte más cercana a la distribución, la parte media y la parte más lejana a la distribución.
- Previo a recolectar las muestras de agua se etiquetaron los recipientes (nombre de la fuente, hora y fecha).
- Para la toma de las muestras de agua se flameó el grifo y se dejó correr el agua durante 5 minutos. Luego, a cada uno de los recipientes de 1 L se realizó un triple lavado para posteriormente, recolectar la muestra.
- Las muestras para el análisis bacteriológico se recolectaron en recipientes estériles de 120 cc.
- Luego, las muestras de agua recolectadas se colocaron en hieleras separadas a una temperatura de 4°C para ser trasladadas al laboratorio y realizar su posterior análisis en el laboratorio ambiental de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente.

Recursos

- *Físicos:* hielera, recipientes plásticos, GPS, vehículo, libreta de campo, cámara fotográfica.
- *Humanos:* estudiante de EPS de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, estudiante EPS de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente.

Evaluación

Se realizó el monitoreo en el mes de marzo de 2018, muestreando 15 puntos en los dos sistemas: 9 puntos en la zona urbana, Ocotepeque, Honduras; y, 6 puntos en la zona

urbana, Citalá, El Salvador, con el propósito de conocer el estado actual de la calidad del agua en cada sistema.

Los resultados muestran que el agua de ambos sistemas tiene presencia de fosfatos y nitratos, en concentraciones superiores a la establecida por la normativa; y la mayor parte de las muestras tienen presencia de bacterias coliformes, lo cual indica que no se está realizando la desinfección del agua y ésta con las actuales características no es apta para consumo humano. Es importante indicar que sólo una muestra no mostró presencia de bacterias coliformes.

5. CONCLUSIONES

1. A través de la campaña de divulgación de la Política Pública Local Fronteriza “Aguas Compartidas”, se logró divulgar a la población de 1,400 personas en la zona 1 del municipio de Esquipulas; y, a la población de 350 personas en la colonia Santa Clara, Ocotepeque, Honduras.
2. El área de influencia de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa se ve afectada por la escasez del recurso hídrico, debido a la contaminación; y, su mala distribución por la falta de infraestructura para el abastecimiento.
3. De acuerdo a los resultados del monitoreo de la calidad del agua en acuífero Ocotepeque-Citalá, esta tiene presencia de fosfatos y sulfatos; así como bacterias coliformes totales, fecales y *E. coli*.
4. El acuífero Ocotepeque-Citalá, tiene los niveles freáticos a menor profundidad en el área del municipio de Citalá, El Salvador; y a mayor profundidad en el área del municipio de Ocotepeque, Honduras.
5. Los principales afluentes ubicados en la cuenca alta del río Lempa, tienen agua contaminada por fosfatos, nitratos y bacterias coliformes totales, fecales y *E. coli*. Por lo tanto, esta agua no es apta para consumo humano sin tratamiento.
6. De acuerdo al diagnóstico ambiental, los principales problemas ambientales identificados en el área de influencia de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa son: contaminación por aguas residuales, contaminación por desechos sólidos, sobreexplotación del recurso hídrico, contaminación de aguas subterráneas y superficiales y la escasez del agua para actividades domésticas, productivas e industriales.

6. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la socialización de la Política Pública Local “Aguas Compartidas” en la Región Trifinio, a través de estrategias donde se incorporen medios impresos, redes sociales y medios masivos como la radio.
2. Establecer un sistema de monitoreo periódico de la calidad del agua en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá, para conocer la variabilidad temporal de dicho recurso.
3. Brindar seguimiento al monitoreo la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa, para medir los niveles de contaminación y realizar estudios que permitan establecer comparaciones a largo plazo.
4. Fortalecer las capacidades de técnicos municipales y de las mancomunidades en la gestión integral del recurso hídrico y la gestión integral de los residuos sólidos.
5. Fortalecer las capacidades de los miembros de la Junta de Agua de la colonia Santa Clara, del municipio de Ocotepeque, Honduras; para la gestión integral del recurso hídrico en las áreas urbanas.
6. Brindar seguimiento al monitoreo de los niveles freáticos del acuífero Ocotepeque-Citalá.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2005. Plan estratégico trinacional: Programa Trinacional de Desarrollo Sostenible para la Cuenca Alta del Río Lempa (en línea). Esquipulas, Chiquimula, Guatemala. 86 p. Consultado 12 feb. 2018. Disponible en http://infoambiental.org/jdownloads/Estudios/Plan_Estratgico_Trinacional_CATIE_-_2005.pdf
- CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio). 2011. Estado de la región trifinio 2010: datos socioeconómicos y ambientales de los municipios (en línea). San Salvador, El Salvador. 84 p. Consultado 09 feb. 2018. Disponible en <http://www.plantrifinio.int/nuestra-institucion/biblioteca/category/31-estado-de-la-region-trifinio-2010?download=123:estado-de-la-region-trifinio-2010-datos-socioeconomicos-y-ambientales-de-los-municipios>
- Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa. 2008. Planificación estratégica territorial trinacional, 2008-2023 (en línea). Ocotepeque, Honduras. 52 p. Consultado 09 feb. 2018. Disponible en <http://www.trinacionalrioempa.org/mtfrr/archivos/biblioteca/publicaciones/planes/planificacion-estrategica-territorial-trinacional-PET-MTFRL.pdf>
- Moreira Gómez, DDM. 2017. Diagnóstico ambiental y actividades de gestión ambiental desarrolladas en la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa (MTFRL) con sede en el municipio de Sinuapa, departamento de Ocotepeque, Honduras 2017 (en línea). Informe EPS GAL. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 142 p. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/EPS_Dora_Moreira_MTFRL_Sinuapa.pdf

MTFRL (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa). 2014. Plan estratégico de desarrollo institucional de la Mancomunidad 2014 – 2018 (en línea). Ocotepeque, Honduras. 108 p. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.trinacionalrioempa.org/mtfrr/archivos/biblioteca/publicaciones/planes/PEDI-MTFRL.pdf>

MTFRL (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa). 2018. Nosotros: ¿quiénes somos? (en línea, sitio web). Honduras. Consultado 08 feb. 2018. Disponible en <http://www.trinacionalrioempa.org/mtfrr/nosotros>

MTFRL (Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa). 2018. Políticas públicas: políticas públicas locales transfronterizas (en línea). Honduras. Consultado 08 feb. 2018. Disponible en <http://www.trinacionalrioempa.org/mtfrr/politicas-publicas>

Plan Trifinio. 1988. Plan de desarrollo regional Fronterizo Trinacional Trifinio: convenio Guatemala – El Salvador – Honduras O.E.A, I.I.C.A. (en línea). Ocotepeque, Honduras. 212 p. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en www.oas.org/dsd/publications/unit/oea07s/oea07s.pdf

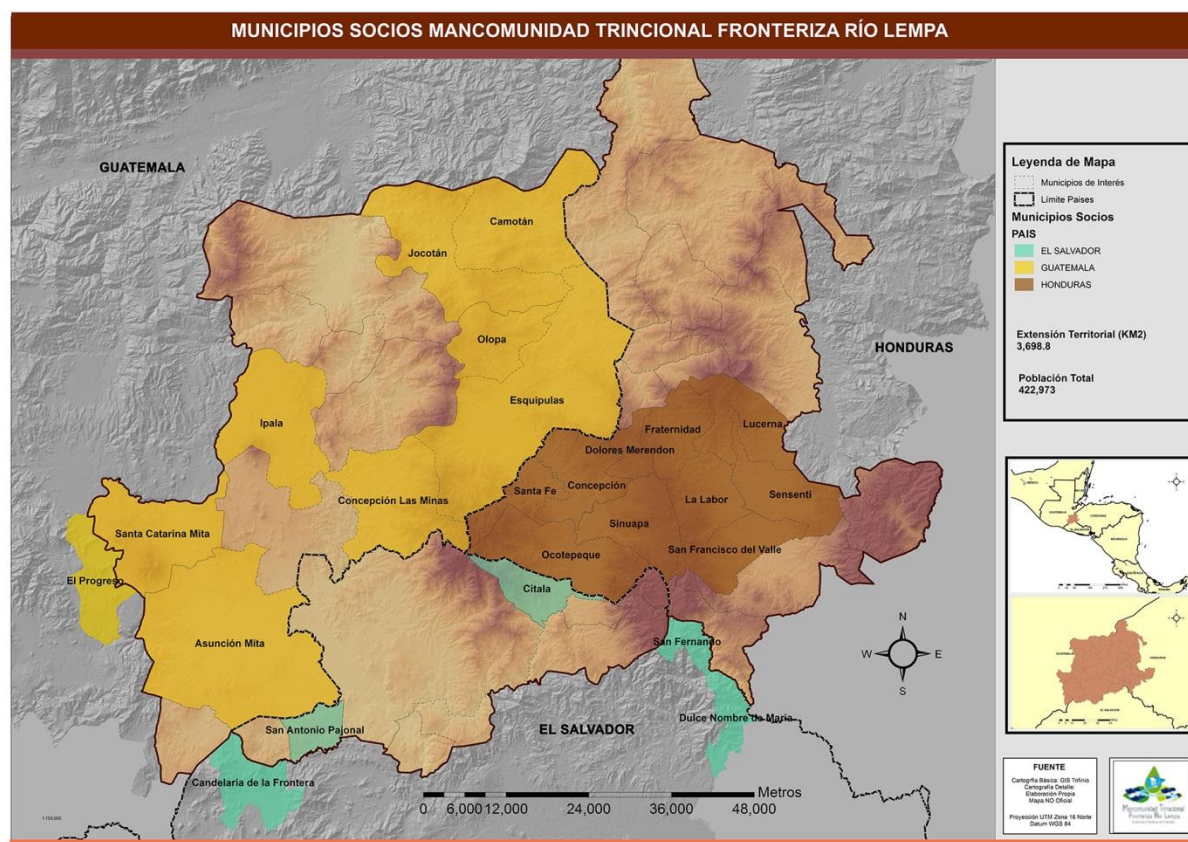
PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Honduras: en breve (en línea, sitio web). Honduras. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.hn.undp.org/>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. El Salvador: sobre nosotros (en línea, sitio web). El Salvador. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.sv.undp.org/>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Guatemala: en breve (en línea, sitio web). Guatemala. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.gt.undp.org/>

8. ANEXOS

Anexo 1. Mapa ubicación de los municipios socios de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa



Fuente: Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa 2018.

LISTADO DE ASISTENCIA				
Nombre de Actividad: Campaña de sensibilización "Arquitectura Viva Lima"		Fecha	09 MARZO 2019	
Comunidad: Comunidad Mapalí del Norte	Tema general de Espectación: Arquitectura Viva Lima			
Nº	Nombre y Apellido	No. Documento Identificación	Institución	
			Teléfono	
			Correo electrónico	
1	Damián A. Hecceles	901-700750233	CEBAlcalde	
2	Heidy Josefina Garcia	901-201190479	Lesly Yarin	
3	Alessandra Sandoval		Alessandro	
4	Willan A. Amador		Willan Amador	
5	Yoshtin Jose Santamarie		Yoshtin Santamarie	
6	Maxy Cabriles		Maxy Cabriles	
7	Suyapa C. Baissa		Suyapa Baissa	
8	Antony D. Chinchilla		Antony Chinchilla	
9	Andree N. Chinchilla		Andree Chinchilla	
10	Suana C. Palencia		Suana Palencia	
11	Mario Jose Galdames			
12	Elder Humberto G.		Elder umberto	
13	Damián Hecceles		Damián Hecceles	

[illegible]

Anexo 3. Fotografías del desarrollo de la campaña de divulgación “Aguas Compartidas”.



Figura 10. Exposición sobre la importancia de una gestión integral del recurso hídrico. A alumnos de 1ro. A 6to primaria.

Anexo 4. Fotografías del desarrollo de la campaña de s divulgación “Aguas Compartidas”, visita casa por casa. Con el apoyo de la Municipalidad de Esquipulas a través del Departamento de Agua Potable –DEMPAGUA-.



Figura 11. Colocación de afiches en zona 1, Esquipulas, Chiquimula.



Figura 12. Colocación de afiches en zona 1, Esquipulas, Chiquimula.

Anexo 5. Fotografía del desarrollo de la campaña divulgación “Aguas Compartidas”, en Escuela Oficial Pública “María Ofelia Beatriz Samayoa Acevedo de Ponce”.



Figura 13. Exposición sobre la importancia de una gestión integral del recurso hídrico. A alumnos de pre-paratoria.

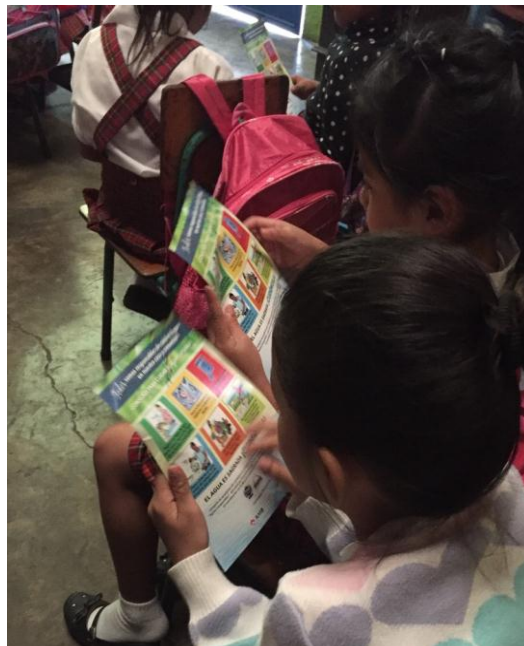


Figura 14. Lectura del afiche entregado a alumnos participantes, sobre el cuidado del agua.



Figura 15. Entrega del afiche sobre el cuidado del agua.

Anexo 6. Puntos de control monitoreados en la cuenca alta del río Lempa.

No.	Código de Identificación	Río	Punto de Monitoreo	Localización		Lugar de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84	
				Aldea/Municipio/Departamento	País		X	Y
1	PM1	Lempa	Río Olopita	Aldea Olopita, Esquipulas	Guatemala	Puente Antiguo de Olopita	629468	1614819
2	PM15		Río Los Espinos	Aldea Los Espinos, Esquipulas, Guatemala	Guatemala	Puente Los Espino (50 mts abajo)	252146	1643032
3	PM2	Atulapa	Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Punte Atulapa	628302	1610644
4	PM3		Río Atulapa	Aldea Atulapa, Esquipulas	Guatemala	Aguas Abajo Beneficio El Cascajal	629770	1611349
5	PM16	Lempa	Río Lempa	Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala.	Guatemala	Union de Río Olopita y Atulapa (100 mts abajo)	252948	1612039
6	PM4	Frio	Río Frio	Comunidad Santa Fé, Ocotepeque	Honduras	Punte Frio	636544	1605196
7	PM5	Quilio	Río Quilio	Comunidad de Quilio	Honduras	Puente de Hamaca, comunidad Quilio	640792	1602581
8	PM13		Río Quilio 2	Las Toreras, Dolores Merendón	Honduras			
9	PM 14		Río Quilio 3	Dolores Merendón	Honduras			
10	PM6	Tulas	Río Tulas	La Laborcita	Honduras	Puente que conduce a Dolores Merendón	645002	1602941
11	PM7	Pomola	Río Pomola	Aldea de la Comunidad, Ocotepeque	Honduras	Puente de Hamaca	639732	1595404
12	PM8	Lempa	Río Lempa	Citalá	El Salvador	Puente Citalá	638872	1589438
13	PM9	Nunuapa	Río Nunuapa	Comunidad de Nunuapa	El Salvador	Puente Nunuapa	645357	1580552
14	PT1	Angue	Río Angue	Caserio Ostua, Cantón San Jerónimo, Metapan	El Salvador	Puente del Ferrocarril	602366	1584893
15	PT2	San José	Río San José	El Trapichito, Canton Tecomapa, Metapan	El Salvador	Puente Trapichito	611404	1585151
16	PT4	Lempa	Río Lempa	Masahuat, Santa Ana	El Salvador	Puente Masahuat	615098	1570532
17	PM10	Guajoyo	Río Guajoyo	Hacienda San Francisco, Metapan	El Salvador	Puente San Francisco	608223	1572054
18	PM11	Cusmapa	Río Cusmapa	Canton Santa Cruz	El Salvador	Puente Santa Cruz	594598	1566660
19	PM12		Río Cusmapa	Trapiche Los callejones, Canton el Angel, San	El Salvador	Trapiche Los Callejones	599822	1570969
20	PT8	Ostua	Río Ostúa	Las Cruces, Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Estación del INSIVUHME	594625	1583257
21	PT10		Río Ostúa	El Tule Asunción Mita, Jutiapa	Guatemala	Puente El Ttule	587271	1584969
22	PC1	Jupilingo	Río Jupilingo	Camotán, Chiquimula	Guatemala	Puente Jupilingo	624938	1642517

Massachusetts Society
for the Prevention of Cruelty to Animals

GUATEMALA-EL SALVADOR-HONDURAS

Actividad: Monitoreo I del Bosque Lempa del mes de mayo 2018

Lugar y fecha: Mailes 20/03/2018 (El Salvador - Honduras, Guatemala)

[illegible]

Responsable de la Actividad: Maria Jose Luis

Firma: Amir

Cargos: Expenditures

Fecha: 20/03/2018



GUATEMALA-EL SALVADOR-HONDURAS

Proyecto: Manejo de la calidad del agua de los principales afluentes de la Cuenca Alta del Rio Lempa

Actividad: Monitores I del Rio Lanza del año 2019

Lugar y Fecha: 21/05/2018 (C) Salvador - Honduras - Guatemala

[illegible]Responsible de la Actividad: María Inés Solís

Firma: Özcan

Cargos: Forista

Fecha: 24/03/2018

Anexo 8. Fotografías del primer monitoreo de la cuenca alta del río Lempa, en el mes de febrero del año 2018.



Figura 16. Preparación de sonda para medición de parámetros en campo.



Figura 17. Medición de parámetros en campo.



Figura 18. Toma de muestra de agua.



Figura 19. Preparación de equipo para parámetros en campo.

Anexo 10. Fotografías del segundo monitoreo de la cuenca alta del río Lempa, en el mes de julio del año 2018.



Figura 20. Toma de datos de parámetros en campo.



Figura 21. Etiquetado de recipientes previo a la toma de muestra.

Anexo 11. Fotografías del monitoreo de la calidad del agua subterránea en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC).



Figura 22. Recolección de agua en pozo artesanal para análisis bacteriológico.



Figura 23. Recolección de agua en pozo perforado para análisis físico-químico.

Anexo 12. Fotografías del análisis físico-químico del monitoreo de la calidad del agua subterránea en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC).



Figura 24. Análisis físico-químico con kit multiparamétricos, de muestras de agua de pozo.

Anexo 13. Resultados del primer análisis físico-químico y bacteriológico, del monitoreo de la calidad del agua subterránea en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC).

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS													RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS		
No.	Pozo	Unidades	µS/cm	°C	mg/L								Coliforme Totales	Coliformes Fecales	Escherichia Coli
		pH	Cond. Eléctrica	T°	SO4	PH4	Cl	Mg	HNO3	NO2	Fe	Cu			
1	Finca Sisimite	7.05	253.0	26.0	18	1.26	0.00	0.115	0.8	0.004	0.02	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
2	Cementerio	6.89	628.0	25.5	48	2.87	0.01	0.702	0.4	0.000	0.05	1.26	15.00 NMP/100 ml	15.00 NMP/100 ml	15.00 NMP/100 ml
3	Gas El poy	7.42	103.5	25.6	0.0	1.84	0.09	0.194	1.6	0.008	2.36	0.00	93.00 NMP/100 ml	43.00 NMP/100 ml	43.00 NMP/100 ml
4	Los Estanquillos	6.88	253.0	25.6	0.0	3.8	0.00	0.081	3.7	0.005	0.15	0.16	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
5	Parque Citalá	6.9	281.0	25.7	21	1.75	0.00	0.066	6.9	0.106	0.29	0.02	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
6	M. Normal	6.96	178.9	25.7	2.0	4.59	0.19	0.663	0.4	0.001	1.13	0.17	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
7	Santa Clara	6.88	416.0	25.9	10	2.29	0.12	0.496	4.6	0.004	0.33	0.00	240.00 NMP/100 ml	7.00 NMP/100 ml	7.00 NMP/100 ml
8	Turicentro S.	7.18	185.9	26.1	4.0	0.73	0.00	0.021	2.5	0.008	0.02	0.12	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml
9	Citalá B	7.10	280.0	26.1	6.0	2.72	0.00	0.479	0.0	0.016	1.96	0.00	93.00 NMP/100 ml	43.00 NMP/100 ml	43.00 NMP/100 ml
10	Frente a finca	7.20	429.0	25.3	13	0.87	0.00	0.078	1.5	0.342	0.12	0.11	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
11	Gas Bella V.	6.91	407.0	25.4	41	3.12	0.11	0.024	0.0	0.000	0.04	0.02	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	460.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
12	El Carmen	7.25	194.0	25.2	2.0	2.98	0.24	0.013	0.6	0.024	0.02	0.16	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml
13	Beneficio	7.16	330.0	25.1	60	4.02	0.00	0.387	6.1	0.149	1.03	0.00	1100.00 NMP/100 ml	240.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml
14	Santa Anita 2	7.82	317.0	25.2	3.0	0.83	0.00	0.259	0.0	0.000	0.23	0.00	15.00 NMP/100 ml	15.00 NMP/100 ml	15.00 NMP/100 ml
15	Estadio	7.12	281.0	25.4	30	3.28	0.16	0.257	0.2	0.000	0.35	0.01	9.00 NMP/100 ml	9.00 NMP/100 ml	9.00 NMP/100 ml
16	Taller	6.55	838.0	25.5	42	2.81	0.00	0.725	2.0	0.006	0.5	0.25	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml	150.00 NMP/100 ml

Anexo 14. Resultados del segundo análisis físico-químico y bacteriológico, del monitoreo de la calidad del agua subterránea en pozos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC).

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS													RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS		
No.	Pozo	Unidades	µS/cm	°C	mg/L								Coliforme Totales	Coliformes Fecales	Escherichia Coli
		pH	Cond. Eléctrica	T°	SO4	PH4	Cl	Mg	HNO3	NO2	Fe	Cu			
1	Finca Sisimite	0.00	000.0	00.0	00.0	0.00	0.00	0.000	0.0	0.000	0.00	0.00	-	-	-
2	Cementerio	6.98	541.0	19.9	15.0	4.36	0.04	0.169	0.6	0.004	0.02	0.03	460.00 NMP/100 ml	460.00 NMP/100 ml	43.00 NMP/100 ml
3	Gas El poy	7.30	108.8	19.9	01.0	2.1	0.00	2.256	0.3	0.003	0.15	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	1100.00 NMP/100 ml
4	Los Estanquillos	7.05	618.0	20.5	05.0	4.27	0.02	0.789	1.2	0.015	1.40	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
5	Parque Citalá	0.00	000.0	00.0	00.0	0.00	0.00	0.000	0.0	0.000	0.00	0.00	-	-	-
6	M. Normal	6.64	158.0	21.5	02.0	1.88	0.00	0.521	0.0	0.002	0.26	0.00	150.00 NMP/100 ml	23.00 NMP/100 ml	23.00 NMP/100 ml
7	Santa Clara	6.44	300.0	21.3	12.0	3.37	0.02	0.158	0.3	0.005	0.08	0.00	460.00 NMP/100 ml	240.00 NMP/100 ml	240.00 NMP/100 ml
8	Turicentro S.	6.79	206.2	21.7	02.0	1.29	0.00	0.773	3.4	0.006	0.00	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
9	Citalá B	6.42	371.0	20.8	41.0	1.78	0.01	0.780	0.0	0.000	1.12	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
10	Frente a finca	6.69	336.0	21.2	05.0	0.69	0.00	0.066	1.5	0.117	0.16	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
11	Gas Bella V.	6.55	519.0	21.7	44.0	3.29	0.02	0.036	7.8	0.005	0.05	0.03	460.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml	150.00 NMP/100 ml
12	El Carmen	6.69	215.0	21.5	00.0	1.53	0.02	0.790	0.0	0.002	0.06	0.00	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml	< 3.00 NMP/100 ml
13	Beneficio	6.99	333.0	21.7	71.0	4.50	0.00	0.786	2.3	0.003	0.80	0.00	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	9.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
14	Santa Anita 2	8.00	310.0	21.5	02.0	5.13	0.02	0.228	3.1	0.000	0.18	0.03	240.00 NMP/100 ml	240.00 NMP/100 ml	240.00 NMP/100 ml
15	Estadio	6.70	277.0	21.1	32.0	4.26	0.02	0.275	0.0	0.002	0.36	0.01	460.00 NMP/100 ml	460.00 NMP/100 ml	75.00 NMP/100 ml
16	Taller	6.58	999.0	21.8	45.0	1.23	0.00	0.748	0.9	0.022	0.58	0.43	240.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml	93.00 NMP/100 ml

Anexo 15. Fotografías de la determinación de los niveles piezométricos del acuífero Ocotepeque-Citalá (ATOC).



Figura 25. Lavado de sonda piezométrica.



Figura 26. Determinación del nivel freático en pozo artesanal.

Anexo 16. Fotografías de la recolección de muestras para la evaluación de la calidad del agua del sistema de agua potable del departamento de Ocotepeque, Honduras; y el municipio Citalá, El Salvador.



Figura 27. Recolección de muestra de agua para análisis físico-químico.



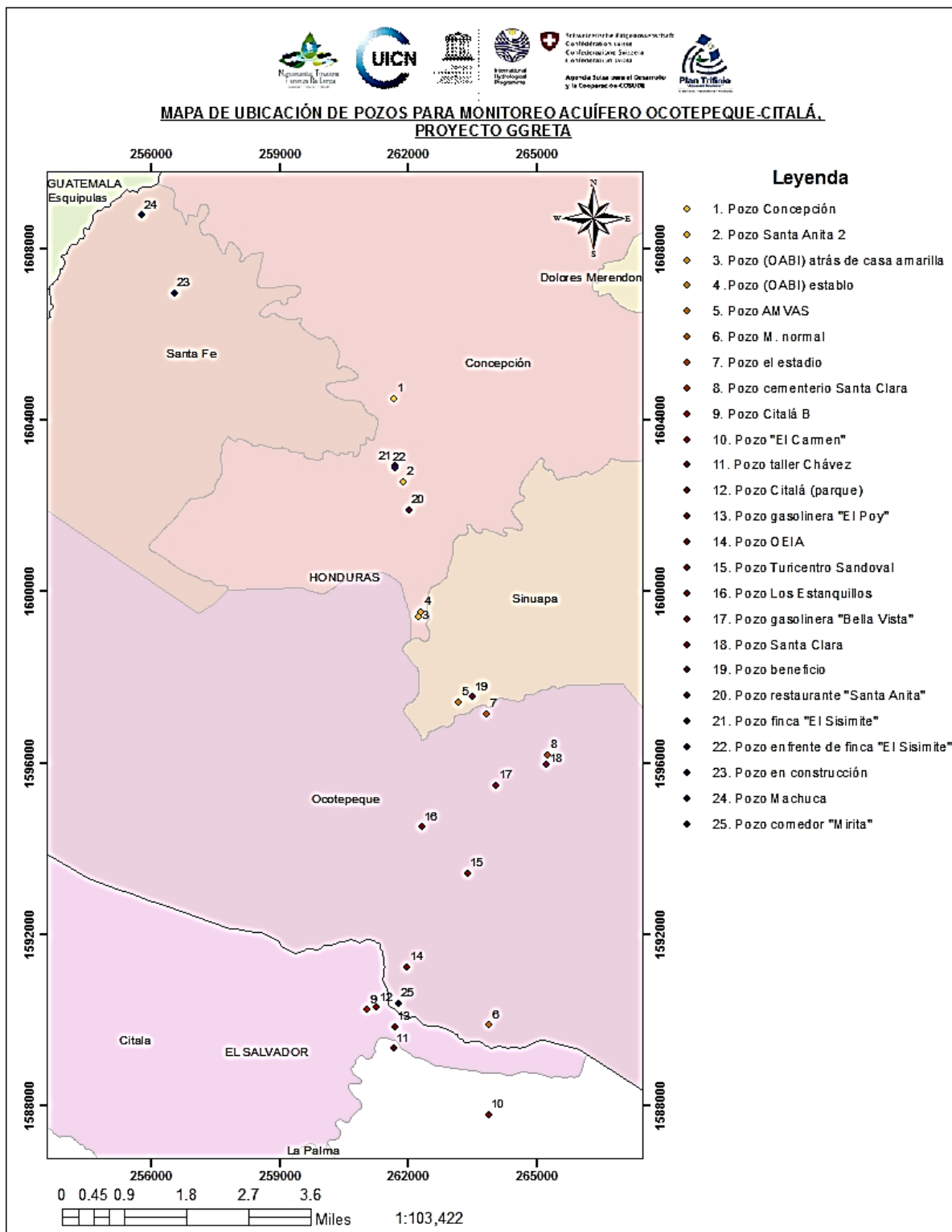
Figura 28. Recolección de muestra de agua para análisis físico-químico.

Anexo 17. Resultados de los niveles piezométricos en pozos del acuífero Ocotepaque-Citalá (ATOC).

Resultados de los niveles freáticos												
No.	Nombre	Monitoreo semana 1	Monitoreo semana 2	Monitoreo semana 3	Monitoreo semana 4	Monitoreo semana 5	Monitoreo semana 6	Monitoreo semana 7	Monitoreo semana 8	Monitoreo semana 9	Monitoreo semana 10	Monitoreo semana 11
1	Pozo taller Chávez	-	4.42	4.91	5.14	2.19	2.1	2.35	2.79	2.75	6.92	3.09
2	Pozo Citalá (parque)	8.06	8.09	8.07	7.64	7.1	6.49	6.57	6.81	6.98	6.66	7.19
3	Pozo Gasolinera "El Poy"	3.55	3.69	3.6	3.15	2.14	2.1	2.28	2.15	2.54	2.66	2.82
4	Pozo Turicentro Sandoval	7.58	9.76	10.33	9.22	10.31	3.18	3.38	2.89	5.05	4.86	5.63
5	Pozo los Estanquillos	19.49	18.21	17.3	8.77	5.42	5.14	9.4	7.29	-	-	-
6	Pozo gasolinera "Bella Vista"	7.37	7.54	7.83	8.8	6.18	2.4	2.2	2.26	3.22	4.05	4.44
7	Pozo beneficio	-	10.26	9.89	-	6.3	5.72	6.9	5.61	5.86	5.95	6
8	Pozo cerca de finca "El Sisimite"	8	7.95	8.16	6.51	3.09	4.14	4.16	4.87	4.67	5.68	6.74
10	Pozo OEIA	3.97	5.01	5.01	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Pozo Santa Clara	46.3	41.77	-	-	34.66	45.15	46	46	45.68	-	-
12	Pozo de Restaurante "Santa Anita"	3.68	3.68	3.7	3.48	3.23	2.73	3.6	3.15	3.32	3.3	3.22
13	Pozo de finca "El Sisimite"	6.96	6.25	6.86	-	6.81	7.02	-	6.81	-	6.82	6.42

Nota: los monitoreos que no fueron posibles realizar debido a problemas ajenos al Ejercicio Profesional Supervisado, se muestran con un guion (-).

Anexo 18. Mapa de la ubicación de pozos estratégicos para el monitoreo del Acuífero Ocotepeque-Citalá.



Anexo 19. Valores encontrados con el Índice de la Calidad del Agua –ICA-, del primer monitoreo de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa.

Río Olopita						
Puente Olopita, Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7	Unidades pH	90	0.12	10.80
3	DBO ₅	16.95	mg/l	17	0.10	1.70
4	Nitratos	0.288	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.94	mg/l	44	0.10	4.40
6	Temperatura	-2.2	°C	92	0.10	9.20
7	Turbidez	16.7	FAU	66	0.08	5.28
8	Solidos disueltos Totales	77.8	mg/l	86	0.08	6.88
9	Oxígeno Disuelto	75.5	% saturación	80	0.17	13.60
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-						Suma 64.56

Río Los Espinos						
Puente Espinos, Aldea Espinos, Esquipulas, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.85	Unidades pH	86	0.12	10.32
3	DBO ₅	19.2	mg/l	13	0.10	1.30
4	Nitratos	0.4239	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	9.9	mg/l	15	0.10	1.50
6	Temperatura	-0.1	°C	80	0.10	8.00
7	Turbidez	11.8	FAU	73	0.08	5.84
8	Solidos disueltos Totales	132	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	19.1	% saturación	11	0.17	1.87
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-						Suma 47.77

Río Lempa, Unión Olopita y Atulapa						
Aldea Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.48	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	12	mg/l	28	0.10	2.80
4	Nitratos	0.2989	mg/l	94	0.10	9.4
5	Fosfatos	2.41	mg/l	24	0.10	2.4
6	Temperatura	1.1	°C	82	0.10	8.2
7	Turbidez	10.1	FAU	75	0.08	6
8	Solidos disueltos Totales	75.2	mg/l	85	0.08	6.8
9	Oxígeno Disuelto	77.8	% saturación	84	0.17	14.28
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-						Suma 64.22

Río Atulapa 1						
Puente Atulapa, Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.67	Unidades pH	90	0.12	10.80
3	DBO ₅	12.45	mg/l	25	0.10	2.50
4	Nitratos	0.1359	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.89	mg/l	43	0.10	4.30
6	Temperatura	1.5	°C	82	0.10	8.20
7	Turbidez	3.65	FAU	90	0.08	7.20
8	Solidos disueltos Totales	29	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	91.6	% saturación	94	0.17	15.98
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-						Suma 68.48

Río Atulapa 2						
Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.67	Unidades pH	90	0.12	10.80
3	DBO ₅	7.65	mg/l	44	0.10	4.40
4	Nitratos	0.1196	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.92	mg/l	43	0.10	4.30
6	Temperatura	0.9	°C	92	0.10	9.20
7	Turbidez	4.3	FAU	88	0.08	7.04
8	Sólidos disueltos Totales	30.9	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	92.9	% saturación	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	71.39

Río Frío						
Comunidad Santa Fé, Ocotepeque, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.04	Unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO ₅	15.3	mg/l	20	0.10	2.00
4	Nitratos	0.0815	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.79	mg/l	50	0.10	5.00
6	Temperatura	4.1	°C	81	0.10	8.10
7	Turbidez	8.5	FAU	86	0.08	6.88
8	Sólidos disueltos Totales	30.2	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	96.3	% saturación	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	67.64

Río Quilio						
Comunidad de Quilio, Santa Fé, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.02	Unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO ₅	13.05	mg/l	24	0.10	2.40
4	Nitratos	0.2446	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.87	mg/l	48	0.10	4.80
6	Temperatura	5.20	°C	43	0.10	4.30
7	Turbidez	10.2	FAU	75	0.08	6.00
8	Sólidos disueltos Totales	22.9	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	93.2	% saturación	93	0.17	15.81
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	62.65

Río Quilio 2						
Las Toreras, Dolores Merendon, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.82	Unidades pH	87	0.12	10.44
3	DBO ₅	13.05	mg/l	26	0.10	2.60
4	Nitratos	0.2446	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.87	mg/l	48	0.10	4.80
6	Temperatura	-0.3	°C	75	0.10	7.50
7	Turbidez	17	FAU	64	0.08	5.12
8	Sólidos disueltos Totales	22.9	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	85.3	% saturación	90	0.17	15.30
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	65.26

Río Quilio 3						
Dolores Merendon, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	460	NMP/100 ml	31	0.15	4.65
2	pH	7.63	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	9.75	mg/l	34	0.10	3.40
4	Nitratos	0.1087	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.94	mg/l	44	0.10	4.40
6	Temperatura	-0.2	°C	74	0.10	7.40
7	Turbidez	8.92	FAU	78	0.08	6.24
8	Sólidos disueltos Totales	16.96	mg/l	81	0.08	6.48
9	Oxígeno Disuelto	85.2	% saturación	90	0.17	15.30
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	68.31

Río Tulas						
La Laborcita, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	210	NMP/100 ml	39	0.15	5.85
2	pH	7.91	Unidades pH	85	0.12	10.20
3	DBO ₅	8.85	mg/l	39	0.10	3.90
4	Nitratos	3.8	mg/l	81	0.10	8.10
5	Fosfatos	0.16	mg/l	90	0.10	9.00
6	Temperatura	1	°C	85	0.10	8.50
7	Turbidez	2.47	FAU	92	0.08	7.36
8	Sólidos disueltos Totales	27.3	mg/l	81	0.08	6.48
9	Oxígeno Disuelto	99.2	% saturación	95	0.17	16.15
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	75.54

Río Pomola						
Ocotepeque, Honduras						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	93	NMP/100 ml	47	0.15	7.05
2	pH	8.04	Unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO ₅	9.6	mg/l	34	0.10	3.40
4	Nitratos	0.2283	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.11	mg/l	92	0.10	9.20
6	Temperatura	0.3	°C	92	0.10	9.20
7	Turbidez	13.1	FAU	71	0.08	5.68
8	Sólidos disueltos Totales	35.6	mg/l	82	0.08	6.56
9	Oxígeno Disuelto	106.8	% saturación	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	76.65

Río Nunuapa						
Puente Nunuapa, Comunidad Nunuapa, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.04	Unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO ₅	8.85	mg/l	39	0.10	3.90
4	Nitratos	0.1522	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.3	mg/l	83	0.10	8.30
6	Temperatura	-0.5	°C	79	0.10	7.90
7	Turbidez	1.71	FAU	94	0.08	7.52
8	Sólidos disueltos Totales	41.5	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	101.7	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	73.45

Río Lempa, Citalá						
Punte Citalá, Citalá, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	4600	NMP/100 ml	17	0.15	2.55
2	pH	8.03	Unidades pH	81	0.12	9.72
3	DBO ₅	2.7	mg/l	75	0.10	7.50
4	Nitratos	0.375	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.5	mg/l	32	0.10	3.20
6	Temperatura	-0.6	°C	80	0.10	8.00
7	Turbidez	17.4	FAU	65	0.08	5.20
8	Sólidos disueltos Totales	48.7	mg/l	85	0.08	6.80
9	Oxígeno Disuelto	138.4	% saturación	80	0.17	13.60
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	65.97

Río Angue						
Caserio Ostúa, Cantón San Jerónimo, Metapan, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	43	0.15	6.45
2	pH	7.77	Unidades pH	87	0.12	10.44
3	DBO ₅	21.3	mg/l	11	0.10	1.10
4	Nitratos	0.5598	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.78	mg/l	35	0.10	3.50
6	Temperatura	-5.8	°C	81	0.10	8.10
7	Turbidez	8.83	FAU	78	0.08	6.24
8	Sólidos disueltos Totales	169.9	mg/l	77	0.08	6.16
9	Oxígeno Disuelto	26.3	% saturación	17	0.17	2.89
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	54.28

Río San José						
El Trapichito, Cantón Tecomapa, Metapan, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.46	Unidades pH	67	0.12	8.04
3	DBO ₅	49.35	mg/l	2	0.10	0.20
4	Nitratos	0.6957	mg/l	9.4	0.10	0.94
5	Fosfatos	16.02	mg/l	1	0.10	0.10
6	Temperatura	2.3	°C	74	0.10	7.40
7	Turbidez	7.32	FAU	83	0.08	6.64
8	Sólidos disueltos Totales	314	mg/l	58	0.08	4.64
9	Oxígeno Disuelto	1.2	% saturación	1	0.17	0.17
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	31.43

Río Lempa						
Municipio de Masahuat, Santa Ana, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.46	Unidades pH	67	0.12	8.04
3	DBO ₅	10.65	mg/l	31	0.10	3.10
4	Nitratos	0.3098	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.41	mg/l	34	0.10	3.40
6	Temperatura	0.7	°C	87	0.10	8.70
7	Turbidez	2	FAU	93	0.08	7.44
8	Sólidos disueltos Totales	59.5	mg/l	14.11	0.08	1.13
9	Oxígeno Disuelto	116.9	% saturación	91	0.17	15.47
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	59.98

Río Guajoyo						
Puente San Francisco, Hacienda San Francisco, Metapan, El Salvador						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	1100	NMP/100 ml	20	0.15	3.00
2	pH	8.07	Unidades pH	82	0.12	9.84
3	DBO ₅	19.35	mg/l	13	0.10	1.30
4	Nitratos	0.6359	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	2.88	mg/l	21	0.10	2.10
6	Temperatura	3	°C	88	0.10	8.80
7	Turbidez	3.54	FAU	91	0.08	7.28
8	Sólidos disueltos Totales	148.3	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	68.9	% saturación	71	0.17	12.07
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	60.03

Río ostúa 1						
Las Cruces, Asunción Mita, Jutiapa, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	150	NMP/100 ml	43	0.15	6.45
2	pH	8.17	Unidades pH	77	0.12	9.24
3	DBO ₅	12.15	mg/l	27	0.10	2.70
4	Nitratos	0.7935	mg/l	90	0.10	9.00
5	Fosfatos	2.32	mg/l	24	0.10	2.40
6	Temperatura	5.6	°C	40	0.10	4.00
7	Turbidez	3.05	FAU	91	0.08	7.28
8	Sólidos disueltos Totales	201.6	mg/l	72	0.08	5.76
9	Oxígeno Disuelto	113.03	% saturación	92	0.17	15.64
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	62.47

Río Ostúa 2						
Puente El Tule, El Tule, Asunción Mita Jutiapa, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	43	0.15	6.45
2	pH	7.94	Unidades pH	90	0.12	10.80
3	DBO ₅	14.55	mg/l	21	0.10	2.10
4	Nitratos	0.75	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	2.78	mg/l	23	0.10	2.30
6	Temperatura	3.5	°C	87	0.10	8.70
7	Turbidez	9.87	FAU	80	0.08	6.40
8	Sólidos disueltos Totales	136.9	mg/l	80	0.08	6.40
9	Oxígeno Disuelto	136.5	% saturación	81	0.17	13.77
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	66.32

Río Jupilingo						
Puente Jupilingo, Camotán, Chiquimula, Guatemala						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.95	Unidades pH	85	0.12	10.20
3	DBO ₅	11.55	mg/l	30	0.10	3.00
4	Nitratos	0.6196	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.97	mg/l	28	0.10	2.80
6	Temperatura	5.5	°C	41	0.10	4.10
7	Turbidez	46.9	FAU	40	0.08	3.20
8	Sólidos disueltos Totales	144.6	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	107.9	% saturación	94	0.17	15.98
Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-					Suma	58.30

Anexo 20. Valores encontrados con el Índice de la Calidad del Agua –ICA-, del segundo monitoreo de los principales afluentes de la cuenca alta del río Lempa.

Río Olopita						
Puente Olopita, Aldea Olopita, Esquipulas, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.48	Unidades pH	54	0.12	6.48
3	DBO ₅	9.90	mg/l	54	0.10	5.40
4	Nitratos	0.62	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.54	mg/l	70	0.10	7.00
6	Temperatura	-4.2	°C	54	0.10	5.40
7	Turbidez	2.8	FAU	93	0.08	7.44
8	Solidos disueltos Totales	117.4	mg/l	91	0.08	7.28
9	Oxígeno Disuelto	87.8	% saturación	91	0.17	15.47
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 67.17

Río Los Espinos						
Puente Espinos, Aldea Espinos, Esquipulas, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.48	Unidades pH	54	0.12	6.48
3	DBO ₅	35.4	mg/l	2	0.10	0.20
4	Nitratos	0.63	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	2.38	mg/l	21	0.10	2.10
6	Temperatura	-3.6	°C	61	0.10	6.10
7	Turbidez	0.6	FAU	91	0.08	7.28
8	Solidos disueltos Totales	133.2	mg/l	92	0.08	7.36
9	Oxígeno Disuelto	104.1	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 58.71

Río Lempa, Unión Olopita y Atulapa						
Aldea Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.59	Unidades pH	53	0.12	6.36
3	DBO ₅	16.8	mg/l	17	0.10	1.70
4	Nitratos	1.13	mg/l	92	0.10	9.2
5	Fosfatos	1.06	mg/l	40	0.10	4
6	Temperatura	1.6	°C	85	0.10	8.5
7	Turbidez	3.8	FAU	90	0.08	7.2
8	Solidos disueltos Totales	52.8	mg/l	96	0.08	7.68
9	Oxígeno Disuelto	102.2	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 64.43

Río Atulapa 1						
Puente Atulapa, Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.8	Unidades pH	56	0.12	6.72
3	DBO ₅	6.9	mg/l	47	0.10	4.70
4	Nitratos	0.69	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.22	mg/l	90	0.10	9.00
6	Temperatura	1.4	°C	83	0.10	8.30
7	Turbidez	0.4	FAU	96	0.08	7.68
8	Solidos disueltos Totales	26.6	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	103.3	% saturación	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 71.74

Río Atulapa 2						
Aldea Atulapa, Esquipulas, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.4	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	7.8	mg/l	43	0.10	4.30
4	Nitratos	0.75	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.2	mg/l	90	0.10	9.00
6	Temperatura	-1.1	°C	81	0.10	8.10
7	Turbidez	2.3	FAU	92	0.08	7.36
8	Solidos disueltos Totales	27.1	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	101.6	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 75.31

Río Frío						
Comunidad Santa Fé, Ocotepeque, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.2	Unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO ₅	8.1	mg/l	42	0.10	4.20
4	Nitratos	0.39	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.22	mg/l	90	0.10	9.00
6	Temperatura	-4.8	°C	72	0.10	7.20
7	Turbidez	0.7	FAU	96	0.08	7.68
8	Solidos disueltos Totales	32.2	mg/l	84	0.08	6.72
9	Oxígeno Disuelto	101.7	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 74.91

Río Quilio						
Comunidad de Quilio, Santa Fé, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.5	Unidades pH	93	0.12	11.16
3	DBO ₅	7.2	mg/l	53	0.10	5.30
4	Nitratos	0.07	mg/l	100	0.10	10.00
5	Fosfatos	0.34	mg/l	45	0.10	4.50
6	Temperatura	-2.30	°C	91	0.10	9.10
7	Turbidez	3	FAU	95	0.08	7.60
8	Solidos disueltos Totales	18,25	mg/l	82	0.08	6.56
9	Oxígeno Disuelto	101.1	% saturación	99	0.17	16.83
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 74.35

Río Quilio 2						
Las Toreras, Dolores Merendon, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.4	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	6.3	mg/l	50	0.10	5.00
4	Nitratos	0.11	mg/l	100	0.10	10.00
5	Fosfatos	0.16	mg/l	91	0.10	9.10
6	Temperatura	-1.3	°C	83	0.10	8.30
7	Turbidez	6.1	FAU	85	0.08	6.80
8	Solidos disueltos Totales	19.86	mg/l	82	0.08	6.56
9	Oxígeno Disuelto	101.4	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 76.59

Río Quilio 3						
Dolores Merendon, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	460	NMP/100 ml	31	0.15	4.65
2	pH	7.31	Unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO ₅	6	mg/l	51	0.10	5.10
4	Nitratos	0.08	mg/l	100	0.10	10.00
5	Fosfatos	0.11	mg/l	93	0.10	9.30
6	Temperatura	-1.8	°C	87	0.10	8.70
7	Turbidez	10.7	FAU	76	0.08	6.08
8	Solidos disueltos Totales	25.2	mg/l	93	0.08	7.44
9	Oxígeno Disuelto	100.1	% saturación	99	0.17	16.83
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma
						79.02

Río Tulas						
La Laborcita, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	210	NMP/100 ml	39	0.15	5.85
2	pH	7.47	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	7.5	mg/l	44	0.10	4.40
4	Nitratos	0.09	mg/l	100	0.10	10.00
5	Fosfatos	0.17	mg/l	91	0.10	9.10
6	Temperatura	-2.2	°C	90	0.10	9.00
7	Turbidez	11.3	FAU	75	0.08	6.00
8	Solidos disueltos Totales	22.2	mg/l	92	0.08	7.36
9	Oxígeno Disuelto	101	% saturación	99	0.17	16.83
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma
						79.58

Río Pomola						
Ocotepeque, Honduras						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	93	NMP/100 ml	47	0.15	7.05
2	pH	7.35	Unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO ₅	5.1	mg/l	55	0.10	5.50
4	Nitratos	0.14	mg/l	100	0.10	10.00
5	Fosfatos	2.29	mg/l	24	0.10	2.40
6	Temperatura	-1.6	°C	85	0.10	8.50
7	Turbidez	12	FAU	73	0.08	5.84
8	Solidos disueltos Totales	33.6	mg/l	95	0.08	7.60
9	Oxígeno Disuelto	101.6	% saturación	99	0.17	16.83
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma
						74.64

Río Nunuapa						
Puente Nunuapa, Comunidad Nunuapa, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.3	Unidades pH	91	0.12	10.92
3	DBO ₅	3.6	mg/l	66	0.10	6.60
4	Nitratos	0.28	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.82	mg/l	65	0.10	6.50
6	Temperatura	-4.6	°C	71	0.10	7.10
7	Turbidez	1.12	FAU	97	0.08	7.76
8	Solidos disueltos Totales	45.2	mg/l	96	0.08	7.68
9	Oxígeno Disuelto	102.3	% saturación	97	0.17	16.49
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma
						75.75

Río Lempa, Citalá						
Punte Citalá, Citalá, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	4600	NMP/100 ml	17	0.15	2.55
2	pH	7.47	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	4.5	mg/l	57	0.10	5.70
4	Nitratos	0.29	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.64	mg/l	64	0.10	6.40
6	Temperatura	-0.7	°C	79	0.10	7.90
7	Turbidez	3.64	FAU	90	0.08	7.20
8	Solidos disueltos Totales	55	mg/l	96	0.08	7.68
9	Oxígeno Disuelto	103.5	% saturación	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 74.19

Río Angue						
Caserio Ostúa, Cantón San Jerónimo, Metapan, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.58	Unidades pH	92	0.12	11.04
3	DBO ₅	14.2	mg/l	22	0.10	2.20
4	Nitratos	0.46	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.88	mg/l	50	0.10	5.00
6	Temperatura	4.3	°C	51	0.10	5.10
7	Turbidez	1.1	FAU	97	0.08	7.76
8	Solidos disueltos Totales	144	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	78.1	% saturación	84	0.17	14.28
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 64.40

Río San José						
El Trapichito, Cantón Tecomapa, Metapan, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	7.78	Unidades pH	98	0.12	11.76
3	DBO ₅	12	mg/l	27	0.10	2.70
4	Nitratos	0.48	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	3.76	mg/l	18	0.10	1.80
6	Temperatura	-0.1	°C	76	0.10	7.60
7	Turbidez	3.5	FAU	91	0.08	7.28
8	Solidos disueltos Totales	161.4	mg/l	76	0.08	6.08
9	Oxígeno Disuelto	22.9	% saturación	14	0.17	2.38
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 52.30

Río Lempa						
Municipio de Masahuat, Santa Ana, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.13	Unidades pH	90	0.12	10.80
3	DBO ₅	4.2	mg/l	61	0.10	6.10
4	Nitratos	0.3	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.44	mg/l	75	0.10	7.50
6	Temperatura	-2.5	°C	93	0.10	9.30
7	Turbidez	2.7	FAU	94	0.08	7.52
8	Solidos disueltos Totales	64.6	mg/l	96	0.08	7.68
9	Oxígeno Disuelto	100.6	% saturación	99	0.17	16.83
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 78.43

Río Guajoyo						
Puente San Francisco, Hacienda San Francisco, Metapan, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	1100	NMP/100 ml	20	0.15	3.00
2	pH	8.28	Unidades pH	73	0.12	8.76
3	DBO ₅	3.9	mg/l	65	0.10	6.50
4	Nitratos	0.72	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	1.66	mg/l	32	0.10	3.20
6	Temperatura	-2.2	°C	90	0.10	9.00
7	Turbidez	3.9	FAU	90	0.08	7.20
8	Solidos disueltos Totales	162.2	mg/l	78	0.08	6.24
9	Oxígeno Disuelto	83.9	% saturación	89	0.17	15.13
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 68.43

Río Cusmapa 2						
Cantón el Angel, San Antonio Pajonal, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	150	NMP/100 ml	40	0.15	6.00
2	pH	8.43	Unidades pH	72	0.12	8.64
3	DBO ₅	2.7	mg/l	74	0.10	7.40
4	Nitratos	1.66	mg/l	92	0.10	9.20
5	Fosfatos	2.21	mg/l	20	0.10	2.00
6	Temperatura	-4.1	°C	67	0.10	6.70
7	Turbidez	2.8	FAU	94	0.08	7.52
8	Solidos disueltos Totales	125.9	mg/l	91	0.08	7.28
9	Oxígeno Disuelto	87.1	% saturación	87	0.17	14.79
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 69.53

Río Cusmapa 1						
Cantón Santa Cruz, El Salvador						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	43	0.15	6.45
2	pH	8.41	Unidades pH	71	0.12	8.52
3	DBO ₅	3	mg/l	72	0.10	7.20
4	Nitratos	0.72	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	0.86	mg/l	50	0.10	5.00
6	Temperatura	-2.7	°C	76	0.10	7.60
7	Turbidez	1.2	FAU	97	0.08	7.76
8	Solidos disueltos Totales	198.4	mg/l	76	0.08	6.08
9	Oxígeno Disuelto	122.3	% saturación	50	0.17	8.50
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 66.51

Río ostúa 1						
Las Cruces, Asunción Mita, Jutiapa, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub _i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	150	NMP/100 ml	40	0.15	6.00
2	pH	8.39	Unidades pH	71	0.12	8.52
3	DBO ₅	5.1	mg/l	55	0.10	5.50
4	Nitratos	1.11	mg/l	91	0.10	9.10
5	Fosfatos	1.11	mg/l	39	0.10	3.90
6	Temperatura	-2	°C	90	0.10	9.00
7	Turbidez	1.4	FAU	97	0.08	7.76
8	Solidos disueltos Totales	193.7	mg/l	74	0.08	5.92
9	Oxígeno Disuelto	90.9	% saturación	93	0.17	15.81
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 71.51

Río Ostúa 2						
Puente El Tule, El Tule, Asunción Mita Jutiapa, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	240	NMP/100 ml	43	0.15	6.45
2	pH	8.31	Unidades pH	72	0.12	8.64
3	DBO ₅	4.8	mg/l	54	0.10	5.40
4	Nitratos	1.24	mg/l	91	0.10	9.10
5	Fosfatos	1.13	mg/l	38	0.10	3.80
6	Temperatura	-4.4	°C	69	0.10	6.90
7	Turbidez	3.3	FAU	91	0.08	7.28
8	Solidos disueltos Totales	112.7	mg/l	83	0.08	6.64
9	Oxígeno Disuelto	108.9	% saturación	94	0.17	15.98
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 70.19

Río Jupilingo						
Puente Jupilingo, Camotán, Chiquimula, Guatemala						
	Parámetros	Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	2400	NMP/100 ml	22	0.15	3.30
2	pH	8.44	Unidades pH	67	0.12	8.04
3	DBO ₅	4.8	mg/l	54	0.10	5.40
4	Nitratos	0.55	mg/l	94	0.10	9.40
5	Fosfatos	2.56	mg/l	24	0.10	2.40
6	Temperatura	-0.2	°C	78	0.10	7.80
7	Turbidez	3.5	FAU	91	0.08	7.28
8	Solidos disueltos Totales	177.3	mg/l	79	0.08	6.32
9	Oxígeno Disuelto	109.9	% saturación	96	0.17	16.32
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-						Suma 66.26

Anexo 21. Resultados físico-químicos y bacteriológicos del sistema de distribución de agua potable de Ocotepeque, Honduras y Citalá, El Salvador.

No.	Referencia	Localización	RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS													
			Unidades	µS/cm	°C	% de Sat.	NTU	mg/l								
			pH	Conductividad	T° de agua	Oxígeno Disuelto	Turbidez	Oxígeno Disuelto	ST	SDT	Fosfatos	Nitratos	Nitritos	Sulfato	DBO5	Dureza
1	Casa Blanca	Ocotepeque	7.12	51.5	25.1	110.3	12.6	7.46	116	24.7	0.740	0.22	0.0100	7.60	1.61	30
2	Parte Alta	Ocotepeque	6.91	106.8	25.3	117.2	3.3	7.92	140	51.8	1.020	0.37	0.0110	8.73	3.24	45
3	Santa Isabel	Ocotepeque	7.19	99.9	25.2	114.2	7.2	7.73	108	48.5	1.170	0.38	0.0070	8.73	5.76	55
4	Casa Asados	Ocotepeque	7.61	41.5	25.3	117.9	7.4	7.96	112	19.84	0.840	0.20	0.0060	6.93	3.12	30
5	Cable Color	Ocotepeque	7.74	60.4	25.2	114.4	4.9	7.74	60	29.0	0.840	0.33	0.0050	6.33	0.96	35
6	Barrio Las Flores	Ocotepeque	7.74	51.9	25.3	117.1	7.7	7.91	116	24.7	0.860	0.34	0.0090	7.33	0.72	30
7	El Progreso	Ocotepeque	7.26	266	25.1	110.8	3.88	7.48	316	128.8	4.030	0.29	0.0030	6.53	0.96	50
8	Instituto Juventud	Ocotepeque	7.63	42.3	25.0	113.3	7.1	7.68	104	20.04	0.800	0.27	0.0080	6.93	6.24	40
9	Las Américas	Ocotepeque	7.52	54.8	25.1	113.4	4.6	7.67	108	26.3	0.780	0.40	0.0800	6.40	2.28	25
10	Comedor Martita	Citalá	7.36	95.9	24.8	112.8	1.4	7.66	220	199.2	1.330	6.75	0.0030	46.53	2.40	65
11	El Poy	Citalá	7.35	146.5	25.0	114.2	2.9	7.75	1776	70.1	1.450	1.45	0.0040	18.87	2.16	55
12	Los Balcones	Citalá	7.26	299	25.1	120.0	1.3	8.12	284	146.6	1.330	0.48	0.0040	64.80	1.92	170
13	El Tablón "salón"	Citalá	7.21	298	25.0	119.5	0.9	8.10	236	144.2	1.480	0.89	0.0010	56.33	2.88	175
14	Barrio El Tablón	Citalá	7.30	298	25.2	119.7	1	8.09	288	145.1	1.520	0.44	0.0010	46.87	2.88	165
15	Parque Citalá	Citalá	7.39	297	25.1	124.2	0.8	8.39	476	144.5	1.510	0.48	0.0010	34.20	1.20	170

No.	Referencia	Localización	RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS		
			Coliforme Totales	Coliformes Fecales	Escherichia Coli
1	Casa Blanca	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
2	Parte Alta	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
3	Santa Isabel	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
4	Casa Asados	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
5	Cable Color	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
6	Barrio Las Flores	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
7	El Progreso	Ocotepeque	00.00 NMP/100 ml	00.00 NMP/100 ml	00.00 NMP/100 ml
8	Instituto Juventud	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
9	Las Américas	Ocotepeque	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
10	Comedor Martita	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
11	El Poy	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
12	Los Balcones	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
13	El Tablón "salón"	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
14	Barrio El Tablón	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml
15	Parque Citalá	Citalá	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.00 NMP/100 ml

9. APÉNDICE

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

PROYECTO

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN CASA
ECOLÓGICA PARA CAPACITACIONES EN FINCA ESCUELA
TRINACIONAL, LOCALIZADO EN CANDELARIA LA FRONTERA,
DEPARTAMENTO SANTA ANA, EL SALVADOR.**

MARIA JOSE SOLIS FLORES

201342224

GUATEMALA, CHIQUIMULA, OCTUBRE 2018



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3.	ÁRBOL DE PROBLEMAS	3
4.	JUSTIFICACIÓN	4
5.	OBJETIVOS	5
5.1	General	5
5.2	Específicos	5
6.	RESULTADOS	6
6.1	Un sistema solar fotovoltaico	6
6.2	Un sistema de captación de agua de lluvia	6
6.3	Un sistema de tratamiento de aguas negras	6
6.4	Un sistema de tratamiento de aguas grises	6
7.	ESTUDIO DE MERCADO	7
7.1	Definición del producto	7
7.2	Análisis de demanda	7
7.3	Análisis de oferta	8
8.	ESTUDIO TÉCNICO	9
8.1	Localización del proyecto	9
8.2	Tamaño del proyecto	9
8.3	Ingeniería del proyecto	10
8.3.1	Informar sobre el proyecto a interesados	10
8.3.2	Programa de formación	10
8.3.3	Sistema de tratamiento de aguas negras	10
8.3.4	Sistema de tratamiento de aguas grises	15
8.3.5	Sistema de captación de agua de lluvia	18
8.3.6	Sistema solar fotovoltaico	22
8.4	Costo del proyecto	25
9.	ESTUDIO FINANCIERO	28
9.1	Presupuesto del proyecto	28

9.2	Evaluación Financiera	30
9.3	Análisis de sensibilidad	31
9.4	Fuente de financiamiento	31
10.	EVALUACIÓN SOCIAL	32
11.	ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	33
11.1	Impactos negativos del proyecto sobre el medio ambiente	33
11.2	Impactos positivos del proyecto sobre el medio ambiente	34
12.	CONCLUSIONES	36
13.	RECOMENDACIONES	37
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUCCIÓN

Conociendo la problemática ambiental que enfrentan los 23 municipios socios de la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- de los 3 países que conforman la Región Trifinio, se ve en la necesidad de tener iniciativas para desarrollar proyectos en donde contribuyan al desarrollo y crecimiento de un país; y al mejoramiento de la calidad del medio ambiente. Es decir, que, en el plan a realizar, se logren obtener resultados que no causen impacto negativo alguno al entorno natural.

Es por ello que la MTFRL ha tomado la decisión de crear una casa ecológica autosustentable. ¿Qué significa? Es una vivienda en donde todo su consumo energético depende de fuentes naturales, dejando una huella de carbono mínima, o bien, inexistente, Con el fin que sirva de modelo para que en las comunidades rurales se puedan replicar. Por lo tanto, se busca la manera que esta misma sea no sólo para contribuir con el medio ambiente, sino también que sea económica para facilitar refiriéndose a la construcción, en las familias de escasos recursos.

En el municipio de Candelaria La Frontera, departamento de Santa Ana, El Salvador; se encuentran la otra sede de la MTFRL. En dicho lugar se llevará a cabo un proyecto llamado “Finca Escuela Trinacional” en donde se realizarán capacitaciones y prácticas agrícolas y se construirá la casa ecológica antes mencionada.

En dicha vivienda autosustentable se implementarán tecnologías limpias como el biodigestor, para el tratamiento de aguas negras; el biojardín, para el tratamiento de aguas grises; paneles solares, para el aprovechamiento de la luz solar; y captación de agua de lluvia, para el aprovechamiento de dicho recurso.

Sabiendo esto, se logrará un fortalecimiento de la cultura ambiental de la población que conocerá y/o formará parte de la zona, creando conciencia y sensibilización sobre el cuidado y aprovechamiento de los recursos naturales gracias a las tecnologías que existirán en el lugar.

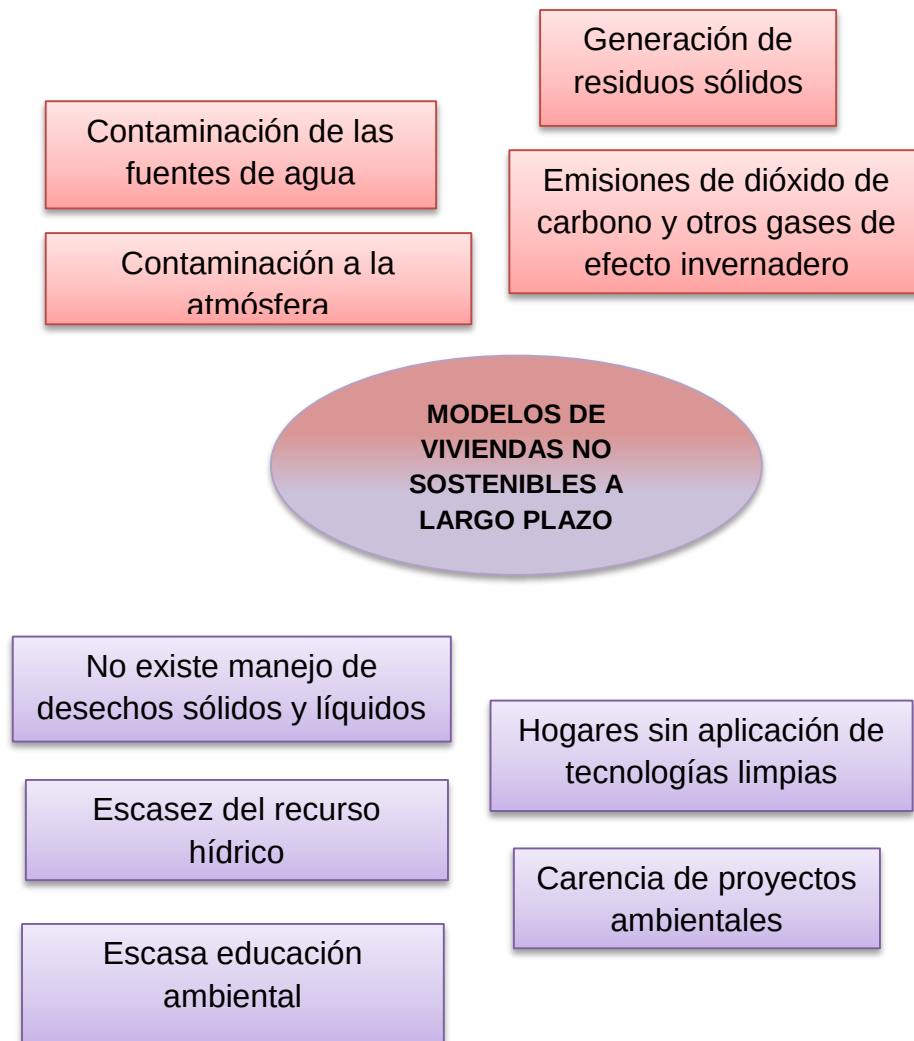
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, la problemática ambiental que enfrentamos en nuestro diario vivir, ha sido producto del sobreuso, desperdicio y mal aprovechamiento de los recursos naturales que nos brinda el ambiente.

Algunas de las actividades principales que se pueden mencionar, que forman parte de dicho problema, son: el ineficiente manejo que se le da a los desechos líquidos y sólidos, la falta de tratamiento de aguas negras y grises, la cantidad de energía eléctrica utilizada y el malgasto del recurso hídrico.

Es decir, que la problemática se enfoca en la degradación que se está provocando al medio ambiente como resultado de las actividades domésticas, en este caso. Y que además, no existe una cultura por parte de la población para el cuidado del mismo, aprovechando los recursos naturales de manera adecuada y darles una mejor gestión.

3. ÁRBOL DE PROBLEMAS



4. JUSTIFICACIÓN

Conociendo los problemas ambientales que las personas enfrentan día a día, se incrementa la necesidad de crear un proyecto en donde no solo se busque sensibilizar y concientizar a la población; sino también, se logre un manejo y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales.

Por ello, se toma la decisión de construir una casa ecológica, la cual contribuya con el ambiente; por el hecho que se estará preservando, protegiendo y conservando.

Las personas se darán cuenta que sí es posible vivir cómodamente en un lugar autosustentable. De igual manera, servirá como casa modelo para poder realizar réplicas en los demás lugares; no sólo de El Salvador, sino también de los otros países que forman parte de la región Trinacional como Guatemala y Honduras.

Este tipo de construcciones utiliza materiales de bajo coste de producción, materiales reciclados y reciclables; y, sobre todo, aprovecha las condiciones del clima para beneficiarse con la energía del sol y/o utilizar agua de lluvia para actividades domésticas, de tal forma que pueden ser autosostenibles y autosuficientes. A su vez, lograr llevar un equilibrio con el medio ambiente.

Las tecnologías limpias consisten en un sistema solar fotovoltaico, en donde se aprovecha la energía producida por el sol, convirtiéndola en energía eléctrica; un sistema de tratamiento de aguas negras, que disminuye la contaminación de las aguas subterráneas y/o superficiales; un sistema de tratamiento de aguas grises que de igual manera, elimina los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano; y por último, un sistema de captación de agua de lluvia, que se basa en la recolección y almacenamiento de dicho recurso para uso doméstico.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Promover la conservación del medio ambiente a través de la implementación de tecnologías limpias en casa ecológica en Finca Escuela Trinacional, ubicada en el municipio de Candelaria La Frontera, El Salvador.

5.2 Específicos

- Implementar sistemas de tratamiento de aguas negras para reducir los niveles de contaminación del agua y la generación biogás para uso doméstico.
- Reutilizar las aguas grises para riego, a través del tratamiento eficiente a nivel doméstico.
- Promover la captación y aprovechamiento del agua de lluvia para usos domésticos.
- Promover el uso de energías renovables a través del aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad a nivel doméstico.

6. RESULTADOS

6.1 Un sistema solar fotovoltaico

Con la implementación del sistema solar fotovoltaico se logra un ahorro energético; y al mismo tiempo se contribuye con el medio ambiente por la disminución de toneladas de producción de CO₂ que se generan al año a la atmósfera.

6.2 Un sistema de captación de agua pluvial

Gracias a este sistema se conseguirá la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia; en donde se obtendrá un ahorro del recurso hídrico en las instalaciones, y una disminución de gastos en relación al consumo del agua.

6.3 Un sistema de tratamiento de aguas negras

Al utilizar este el biodigestor se evitará el uso de gas propano, debido a la transformación de residuos orgánicos en gases. Con ello, se mitigarán las emisiones a la atmósfera y se logrará un bienestar económico, un desarrollo social y una cultura ambiental.

Además; como resultado del tratamiento que se le da a las aguas negras se evita la contaminación a mantos acuíferos.

Por último, se reduce la utilización de fertilizantes químicos gracias a la generación de biol, que es un abono orgánico.

6.4 Un sistema de tratamiento de aguas grises

Para este tipo de tratamiento se construye un biojardín que elimina la materia orgánica, los sólidos en suspensión, el nitrógeno, fósforo e incluso todos los productos tóxicos presentes en el agua. También se logra una disminución de la contaminación de mantos acuíferos.

7. ESTUDIO DE MERCADO

7.1 Definición del producto

Para una adecuada gestión integral de los recursos naturales y debido al conocimiento que se tiene sobre la problemática ambiental hoy en día, es necesario comenzar a construir lugares para los habitantes sin perjudicar el medio ambiente. Se promoverá y estimulará a través de capacitaciones, el deseo de construir o aplicar tecnologías limpias en las casas ya existentes, tales como: un sistema de captación de agua de lluvia, un sistema de tratamiento de aguas negras, un sistema solar fotovoltaico y un sistema de tratamiento de aguas grises, en donde se logre aprovechar lo que nos brindan los bienes ambientales para un beneficio propio y también para tratar los desechos, tanto sólidos, como líquidos. Además se podrán vender los subproductos que las mismas tecnologías limpias puedan generar, como por ejemplo el biol (abono orgánico).

7.2 Análisis de demanda

Finca Escuela Trinacional consiste en un área para capacitaciones y trabajos de campo para prácticas agrícolas necesarias. El proyecto se ejecutará dentro de dicho lugar en una casa ecológica apta para seis personas.

La demanda del proyecto de la construcción de una casa ecológica, es alta. Debido al escaso conocimiento sobre el manejo integral y uso racional de los recursos, la ignorancia que se tiene acerca de los impactos negativos que se pueden estar produciendo en el ambiente como resultado de las actividades cotidianas de las personas, la contaminación de los acuíferos por falta de tratamiento de aguas grises y negras; y, la inadecuada disposición final de los desechos sólidos.

Con lo antes mencionado, se debe tomar en cuenta que al llevarse a cabo dicho proyecto se formará y se sensibilizará a la demás población sobre las tecnologías aplicadas. Y así mismo, los habitantes tendrán una mejor calidad de vida y mejorarán también la del ambiente.

7.3 Análisis de oferta

Por el momento, no se tiene el registro de la cantidad de casas ecológicas existentes. Es posible que exista en más de alguna vivienda, la implementación de una tecnología o un sistema para tratar desechos o aprovechar los recursos naturales.

El fin de este proyecto es fomentar la importancia del aprovechamiento, manejo y uso integral que se le puede dar a los recursos en una vivienda, logrando satisfacer las necesidades básicas que se llevan a cabo en dichos sitios.

Se organizarán capacitaciones y trabajos de campo con las personas que asistan a la Finca Escuela Trinacional; garantizando así, una mejora del entorno, de su propia calidad de vida y a su vez, evitar el agotamiento de los bienes ambientales por el bien de las generaciones futuras.

8. ESTUDIO TÉCNICO

Este tipo de estudio comprende todo aquello que tiene relación con el funcionamiento y operatividad del proyecto, en donde se determina el efecto que tienen las variables del mismo, con respecto a su rentabilidad. No solamente eso, sino también, se identifica el tamaño, localización, ingeniería, costo y el cronograma de las actividades del proyecto.

El proyecto de “Casa Ecológica” en la Finca Escuela Trinacional, Candelaria La Frontera, El Salvador; buscar sensibilizar y concientizar a la población a través de la implementación de tecnologías limpias que contribuyan a una mejora continua en relación a sus condiciones de vida y principalmente la calidad del medio ambiente.

a. Localización del proyecto

Finca Escuela Trinacional se encuentra localizado en Candelaria La Frontera, departamento Santa Ana, El Salvador, con las coordenadas geográficas siguientes:

- 14°06'45.90" N
- 89°38'59.23" O
- Altitud: 700 msnm.

b. Tamaño del proyecto

En Candelaria La Frontera habitan 22,686 personas aproximadamente. La casa será apta para 6 personas que formen parte de las capacitaciones en temas de formación agrícola.

Las personas beneficiadas serán quienes participen en las capacitaciones y las personas que implanten tecnologías limpias en sus hogares o bien, personas que construyan una casa ecológica.

Para la implementación del biodigestor se necesita aproximadamente un área de 2 m³ para almacenar un volumen de gas de 0.2688 m³; para el biojardín, aproximadamente un área de 6.5 m³ en donde se podrá tratar 1,200 L/día; en el caso del tanque de

almacenamiento de agua de lluvia, un área de 60 m² que almacenará una cantidad de 60,000 L.

c. Ingeniería del proyecto

i. Informar sobre el proyecto a interesados

Transmitir a las personas el propósito del proyecto, así como su ubicación que será en la Finca Escuela Trinacional en Candelaria La Frontera, El Salvador; para definir fechas de visita al lugar, con el fin de explicar y/o demostrar la función de cada tecnología limpia establecida en la vivienda.

ii. Programa de formación

Lo que se proyecta en dicho lugar, es que la casa siempre esté habitada para que las tecnologías instaladas siempre estén en funcionamiento y así, poder dar correctamente las capacitaciones necesarias. Se podrán impartir temas sobre el manejo y disposición final de los residuos líquidos y sólidos, uso y gestión integral del recurso hídrico, prevención y/o mitigación de los diferentes tipos de contaminación.

iii. Sistema de tratamiento de aguas negras

Se implementará un biodigestor o digestor biológico, siendo un contenedor cerrado, hermético e impermeable llamado “reactor”, dentro de este se deposita materia orgánica como:

- Desechos vegetales y frutales (a excepción de cítricos, ya que acidifican el medio)
- Excremento (en determinada dilución con agua).

Dicha mezcla, mediante la fermentación anaerobia por acción de microorganismos, es degradada obteniendo como resultado “gas metano” (biogás) y un subproducto líquido “biol”; el cual puede ser utilizado como fertilizante por ser rico en fósforo, potasio y nitrógeno.

a. Diseño del sistema de tratamiento de aguas negras

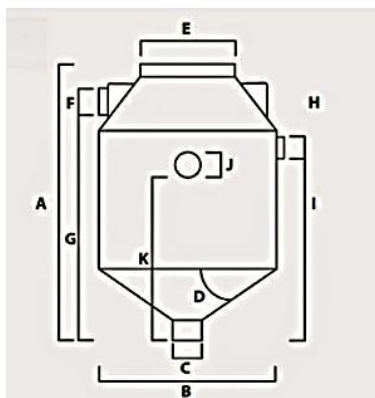
Estará ubicado aproximadamente a 20 m de la cocina de la vivienda ya que debe encontrarse cercano a la zona donde se recogerá el sustrato de partida y a la zona de consumo y con un de pendiente de 2%.

El sistema de tratamiento de aguas negras estará constituido por los siguientes componentes:

- Tubo de admisión: sirve para la admisión de desechos y se sumergirá en los residuos. El mismo previene el escape del metano.
- Biodigestor rotoplas: este es el principal componente del biodigestor, ya que realiza un proceso de fermentación en donde ocurren reacciones químicas debido a la presencia de los microorganismos.
- Tubo del afluyente: esta tubería sirve para prevenir el escape del gas, y se debe mantener el flujo constante.
- Tubo de metano: este tubo servirá para transportar el biogás a su lugar de uso. El tubo posee una salida que está sumergida en agua y que drena la humedad condensada.
- Dispositivo de seguridad: este se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a presiones altas de la fermentación anaeróbica de los desechos.
- Tubo de limpieza: existe un lodo que se sedimenta en el fondo del biodigestor, el cual debe ser removido cada dos años y dicha tubería sirve para evacuar estos lodos por mecanismos como bombeo.

Figura 1. Especificaciones del biodigestor rotoplas.

El biodigestor rotoplas será con las siguientes especificaciones:



Descripción	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	No. Personas
Biodigestor 600 L	1,60 m	0,86 m	0,25 m	45°	1,33 m	2"	1,27 m	2"	1,27 m	2"	1,15 m	5

Fuente: Dinámica en soluciones industrial, 2015.

b. Volumen del biodigestor

La producción total de estiércol es de 0.4 kg en 4 días, y se obtiene 1.6 kg/estiércol, por 6 habitantes, da un total de 9.6 kg/4días.

Para conocer la cantidad de agua necesaria, se sabe que son 3 kg de agua por cada kg de estiércol, es decir que se necesitan 28.8.2 kg de agua.

La biomasa disponible es: estiércol + agua/día. Entonces teniendo una producción total de estiércol de 9.6 kg + 28.8 kg de agua, la biomasa será de 38 kg/día.

Para el volumen diario de biomasa –VdiarioB- (para el tratamiento se recomienda emplear un metro cúbico de capacidad en el biodigestor por cada 1000 kg de biomasa, pues se considera que está formada en sus tres cuartas partes por agua, posee una densidad equivalente a la de ésta) = 0.038 m³/día

En el caso del tiempo de retención de la biomasa –TR- (un ambiente mesófilo es un organismo cuya temperatura de crecimiento está entre los 15 y los 35°C), será de 10 a 20 días

Volumen de digestión de la biomasa ($V_{\text{digestiónB}} \times \text{TR}$) = 0.76 m³

Volumen de almacenamiento de gas –VG- = 0.2688 m³

Conociendo los datos anteriores, se obtiene un volumen total del biodigestor ($V_{\text{digestiónB}} + \text{VG}$) de 1.0288 m³.

c. Instalación del sistema de tratamiento de aguas negras

Para su instalación, se debe preparar una fosa que sea más grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor. Después de tres o cuatro días, se llena la fosa con agua, se descargan los desechos ya sea de humano o animal, el agua que rodea el digestor ayudará a expandirse completamente y disminuirá la tensión que ejerce en los tubos de entrada y salida. Dependerá de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación; es decir, se hará más rápido en verano y más lento en invierno.

d. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas negras

Cada mañana se deberá recoger 20 kg de estiércol fresco y mezclarlos con 60L de agua para introducirlos al biodigestor. Esto asegura una producción de biogás de unos 700 a 750 L al día, suficiente para 4-5 horas de cocina.

En este tipo de biodigestores, en el caso de presentarse rupturas, pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte. La parte reparada, deberá permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano, únicamente se ejercerá una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás al lugar donde se necesita.

Se deberá prestar atención a la válvula de seguridad para que nunca le falte agua, porque de evaporarse el biogás se escapará y después el biodigestor morirá al entrarle

aire. La válvula de seguridad tiene que tener siempre suficiente agua, como para que el tubo esté sumergido de 8 a 13 cm en el agua de la botella de refresco.

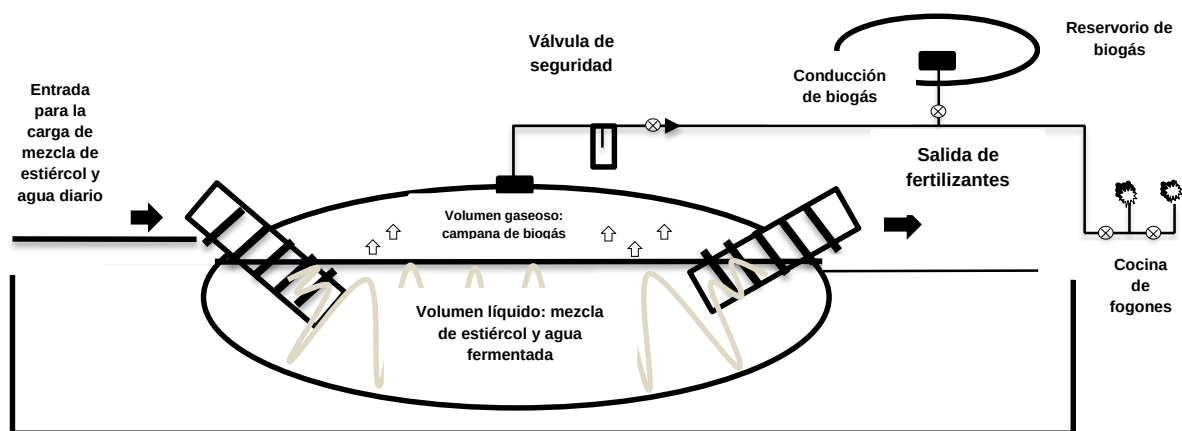
Hay que vigilar la condensación de agua en las tuberías de conducción de biogás, ya que, de acumularse agua, la llama en la cocina sale a golpes y si no se remedia, terminará por no llegar biogás a la cocina. Para ello hay que purgar las tuberías.

Hay que cuidar que ramas o herramientas no estén cerca del biodigestor; y cuidar la semi-sombra, la techumbre o la carpa de invernadero que cubra el biodigestor para un buen mantenimiento.

e. Proceso de producción del biogás

El proceso de producción del biogás se llevará a cabo de acuerdo a la siguiente figura, donde se muestra cada paso que el mismo ejecuta.

Figura 2. Proceso de producción del biogás.



Fuente: Martí 2008.

f. Organización del sistema de tratamiento de aguas negras

Para llevar a cabo la operación del sistema, se designará a una persona encargada de velar por el funcionamiento del mismo; el cual deberá tener la capacidad de manejar correctamente cada actividad a realizar.

iv. Sistema de tratamiento de aguas grises

Se implementará una biojardinera, que consiste en unidades de procesamiento de aguas grises que permiten su tratamiento y reutilización. En primera instancia, sirven para viviendas, también pueden emplearse en proyecto de mayor magnitud, tales como hoteles o residenciales.

Las aguas grises salen de las pilas para lavar ropa, del baño, del lavamanos, del fregadero de la cocina y de otros usos domésticos. El agua que sale del sistema, puede ser utilizada para riego. Pudiendo éste, desembocar en un estanque con fines estéticos y mejoramiento del microclima cuando éste forma un ecosistema complejo (los europeos lo llaman “biotopo en equilibrio con plantas acuáticas, algas, insectos como libélulas y otras, peces, ranas, etc.) los peces y las ranas se encargan de mantener el sistema libre de larvas de moscos. Si el estanque se llena, se deja que el agua salga y riegue las plantas o bien se puede llevar a un almacén para uso posterior.

El paso de agua por el sistema no es rápido, suele salir por goteo o un pequeño chorro, por ende, no hay peligro de inundaciones.

a. Diseño del sistema de tratamiento de aguas grises

Estará ubicado aproximadamente a 10 m de la cocina y 5 m de la ducha que se encuentra dentro de la vivienda ya que debe encontrarse cercano a la zona donde se recogerá el sustrato de partida y a la zona de consumo.

El sistema de tratamiento de aguas grises está constituido por los siguientes componentes:

- Tratamiento primario: o bien, trampa de grasas. Este asemeja a un tipo de tanque de agua, con la intención de aislar sólidos como restos de comida y plásticos o partículas grasosas que puedan estar viajando en el agua. Los primeros se van al fondo y las segundas se mantienen flotando.

- Biojardinera: lugar donde se conducen las aguas grises después de haber pasado por cada unidad del tratamiento primario. La biojardinera está constituida de piedra bola y de piedra cuarta; así como también de plantas.
- Vertido o reúso: es el sitio donde se conducen las aguas finalmente tratadas en las etapas anteriores.

b. Volumen del sistema de tratamiento de aguas grises

El volumen de dicho sistema se ha calculado según la cantidad promedio de agua que gasta una persona por litro al día, siendo de 200 – 120 L/día.

Sabiendo que la casa será construida para 6 personas, se ha hecho una estimación para 6 + 1 persona más. Según cálculos, la característica de la biojardinera deberá ser de 6 m de largo, 1.50 m de ancho y 0.70 m de profundidad, lo que da un total de 6.3 m³.

c. Ventajas y desventajas del sistema de tratamiento de aguas grises

Este tipo de sistemas es característico porque por su simplicidad, el agua fluye por gravedad sin necesidad de quipos de bombeo. A su vez, el agua que pasa por estos sistemas de tratamiento, es posible ubicar otros usos para la misma.

Entre sus desventajas, cabe mencionar que la biojardinera puede llegar a tener obstrucciones que nos lleven a la tarea de sacar y lavar las piedras. Y, que la eficiencia completa para el tratamiento del agua, se logra varios meses después de haber empezado su funcionamiento.

Es importante señalar que las aguas grises que no estén siendo tratadas de forma adecuada para mejorar su calidad, producirá un impacto negativo al ambiente, produciendo malos olores y se estará al frente de focos para la posible transmisión de enfermedades.

d. Instalación del sistema de tratamiento de aguas grises

El biojardín que será el sistema de tratamiento de aguas grises, deberá ser construido bajo un cuidado en donde los materiales sean instalados correctamente así como también los accesorios que el mismo lleva para que su funcionamiento sea eficaz.

e. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas grises

Las unidades para el tratamiento primario requieren de mantenimiento frecuente que dependerá de la cantidad de las personas que habiten en la casa. Las mismas, deberán remover las grasas flotando y los sólidos depositados en el fondo.

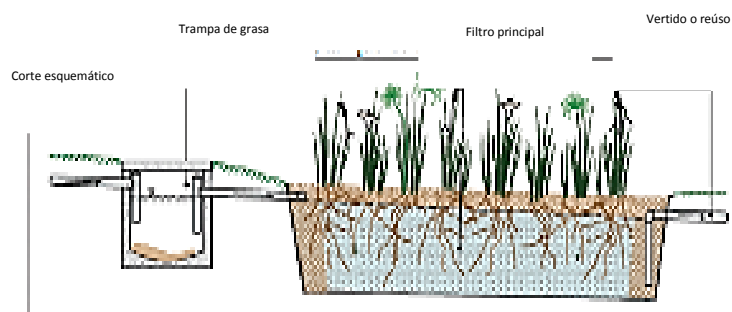
Los materiales que se recojan de la biojardinera, se depositarán en recipientes para su posterior tratamiento. Son desechos sólidos, que se podrán enterrar o colar algunos de ellos en otros procesos, como los de compostaje. Es importante agregarles cal con el fin de evitar olores y además, para que los sólidos se deshidraten.

A largo plazo, cuando se presentan problemas para que el agua fluya, se empezaran a ver “charcos” o acumulaciones de agua. Esto significa que se tienen zonas atascadas, llenas de sólidos. Será entonces necesario proceder a remover las piedras, lavarlas y volver a colocarlas en su sitio.

f. Proceso del sistema de tratamiento de aguas grises

El proceso de tratamiento por el que pasan las aguas residuales, se llevará a cabo de acuerdo a la siguiente figura, donde se muestra cada paso que el mismo ejecuta.

Figura 3. Proceso del tratamiento de las aguas residuales.



Fuente: Garduño 2012.

g. Organización del sistema de tratamiento de aguas grises

Para poder mantener en correcto funcionamiento dicho sistema de tratamiento, deberán participar personas involucradas que brinden un mantenimiento efectivo y una supervisión permanente.

v. Sistema de captación de agua de lluvia

Los sistemas de captación del agua de lluvia en techos de casas, son sistemas de cosecha a pequeña escala, como una fuente alterna de abastecimiento, conducida mediante canales y tubos, guiados hacia una pileta o tanque de almacenamiento.

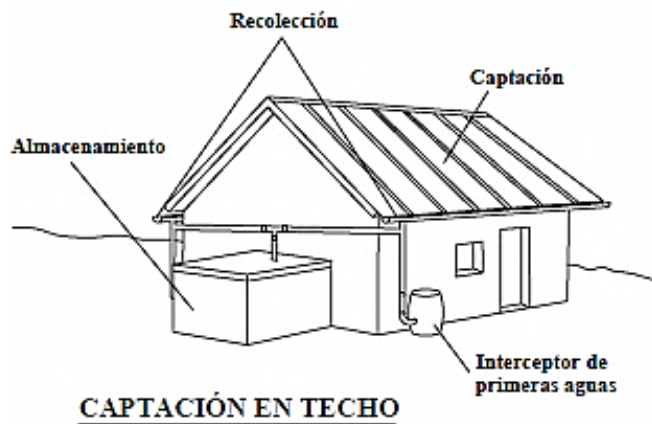
a. Diseño del sistema de captación de agua de lluvia

La captación estará ubicada sobre el techo de la vivienda y el tanque de almacenamiento que será un tanque de concreto estará ubicado a 10 m de la vivienda que estará cercano a la zona donde se recogerá el sustrato de partida y a la zona de uso.

El sistema de captación de aguas pluviales está constituido por los siguientes componentes:

- Área de captación: consiste normalmente en el tejado y las cubiertas, así como de cualquier superficie impermeable.
- Conducción: ya sea la propia inclinación del tejido y/o una serie de canaletas o conductos que dirijan el agua captada al depósito.
- Interceptor de primeras aguas: espacio donde caerán las primeras aguas de lluvia ya que son las que traen sustancias erosionadas del techo. Es decir, al separar dichas aguas, se evitará la contaminación del agua almacenada en el depósito.
- Depósito o tanque de almacenamiento: espacios en los que queda almacenada el agua recolectada.

Figura 4. Diseño del sistema de captación de agua de lluvia



Fuente: Ambiente y comercio 2018.

b. Volumen del sistema de captación de agua de lluvia

La oferta del agua es de: $((835 \text{ mm}) \times (1 \text{ L}) \times (90.25 \text{ m}^2)) = 75,358.75 \text{ L}$

Se necesita almacenar:

$((113 \text{ mm} + 186 \text{ mm} + 137 \text{ mm}) = 436 \text{ mm})$

$((436 \text{ mm}) \times (1 \text{ L}) \times (90.25 \text{ m}^2)) = 39,349 \text{ L}$

La demanda del agua en la vivienda será de:

$((6 \text{ personas}) \times (50 \text{ l/hab./día})) = 300 \text{ L/hab./día}$

$((300 \text{ L/hab./día}) \times (30 \text{ días})) = 9,000 \text{ L/hab./mes}$

Se considerará la cantidad de meses que se lograría abastecer la vivienda:

Oferta / demanda: $(75,358.75 \text{ L} / 9,000 \text{ L}) = 8.37$; Es decir, que 8 meses es lo que se lograría abastecer, pudiendo almacenar para 2 meses.

Cantidad de agua con la que se debe llenar el depósito en los 6 meses de lluvia:

$((9,000 \text{ L/mes}) \times (6 \text{ meses})) = 54,000 \text{ L}$

Área del tanque: $3\sqrt{54,000} = 27 \text{ m}^2 = 5 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 30 \text{ m}$, con 2 m de profundidad

Obteniendo una capacidad para: $60 \text{ m}^2 = 60,000 \text{ L}$

c. Ventajas y desventajas de la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia

Los beneficios que este tipo de sistema brinda es el agua que permite obtener una independencia parcial o incluso total de las redes de suministro público. Además, contribuye a la mejor conservación de las reservas públicas para casos de escasez. Con ello, permitirá la recuperación de los acuíferos subterráneos en las zonas urbanas en las que la obtención principal del agua provenga de ellos.

Supone un ahorro energético importante al no tener que emplear electricidad para bombear al menos una parte del agua que se va a usar desde las reservas a cada casa.

Una de las desventajas más importantes es que la cantidad de agua captada dependerá de la precipitación del lugar.

d. Instalación del sistema de captación de agua de lluvia

La captación se compondrá del techo y de las canaletas o dispositivos que recolecten y entreguen el agua captada hasta el inicio de la tubería de conducción.

Se deberá garantizar una pendiente mínima del 2% en el área de captación para generar un escurrimiento hacia las canaletas, así también las canaletas deberán contar con una pendiente de al menos 2% en el sentido del flujo hacia el tubo.

La conducción deberá contar un filtro tipo malla para separar hojas y materiales similares, que evite el ingreso de sólidos erosionados en la captación al interior del almacenamiento.

e. Mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia

Una vez cada dos años al finalizar la época seca e inicio de las lluvias, cuando el nivel del tanque de almacenamiento se encuentra al mínimo, se deberá vaciar toda el agua y recolectarla en otros recipientes para su posterior uso, realizando acciones de limpieza.

Cada seis meses, verificar que no existan fugas, en su caso repararlas mediante el sellado de la fuga por la parte externa.

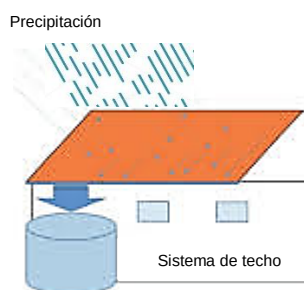
Al inicio de cada mes, limpiar las áreas cercanas al tanque de almacenamiento eliminando maleza y otros materiales que pudieran convertirse en criadero de vectores contaminantes.

Al inicio de cada mes, para mantener en buen estado el agua almacenada se debe agregar 3 ml de sulfato de cobre por cada metro cúbico de agua. En caso de no disponerlo, se podrá agregar cloro con el mismo efecto, para que el usuario conozca el volumen al interior del depósito, se deberá instalar una regla de medición al exterior con la escala de niveles que indiquen el volumen que se encuentra almacenado en la cisterna o tanque.

f. Proceso del sistema de captación de agua de lluvia

El proceso de del sistema de captación de agua de lluvia se llevará a cabo de acuerdo a la siguiente figura, donde se muestra cada paso que el mismo ejecuta.

Figura 5. Proceso del sistema de captación de agua de lluvia.



Fuente: Programa Hidrológico Internacional, 2015.

g. Organización del sistema de tratamiento de agua de lluvia

Para llevar a cabo la operación del sistema, se designará a una persona encargada de velar por el funcionamiento del mismo; el cual deberá tener la capacidad de manejar correctamente cada actividad a realizar.

vi. Sistema solar fotovoltaico

Los paneles solares esencialmente, lo que hacen es convertir luz en electricidad. El nombre de “solar” les viene de dónde sacan la energía, que es el sol; y que se considera la fuente más poderosa de energía existente. La palabra “fotovoltaico” significa básicamente “luz-electricidad”.

a. Diseño del sistema solar fotovoltaico

El diseño estará determinado por el área del techo de la vivienda, seguido por la distribución viable y eficiente del cableado; el cual, un experto en la instalación de sistemas solares, deberá establecer el mejor material para el aprovechamiento y distribución de la energía a la instalación de la vivienda.

El sistema de aprovechamiento de energía solar está basado por las siguientes partes:

- Sistema de fijación para paneles fotovoltaicos y solares

Dedicada a la fijación de todas las partes de la planta fotovoltaica a la estructura principal en las diversas aplicaciones en techos planos, inclinados y pendientes y techos de acero corrugado, con igual fuerza y durabilidad.

- Inversor solar o convertidor fotovoltaico

Es un elemento esencial en cualquier instalación de placas solares que se ocupa de convertir la corriente continua (CC) proveniente de los paneles solares o de la batería en una corriente alterna (CA) compatible con el tipo de red existente en una casa y, por tanto, con todos los electrodomésticos y aparatos que utilizamos en ella. Se encuentran dos tipos de convertidores solares, y que pueden agruparse en dos categorías principalmente:

Inversores fotovoltaicos para autoconsumo: se usan en viviendas unifamiliares, edificios, naves industriales y comercios que tienen un contrato con la compañía eléctrica pero que instalan paneles fotovoltaicos en su tejado para disminuir su factura eléctrica. Pueden ser monofásicos y trifásicos. La primera opción se

distingue porque es más para una vivienda. Con potencias desde los 250W hasta los 5000 vatios, su función es transformar la corriente continua (CC) de los paneles solares 24V en una corriente alterna (CA) estable que permita consumir la propia energía (el llamado autoconsumo energético) y verter a la red cualquier excedente. Mientras que la segunda opción, se necesita más que todo para la instalación de energía solar en una empresa. Este componente es indispensable para transformar la energía generada por las placas fotovoltaicas 24 voltios en una corriente alterna (CA) compatible con la red trifásica de la empresa o fábrica. Son silenciosos y eficiente.

Inversores de corriente para instalaciones solares aisladas: ideales para autocaravanas, furgonetas, casas de ocio, huertas y cualquier lugar sin suministro eléctrico. Es el componente que necesita para convertir de 12V ó 24V en 200V sin complicaciones.

- Tablero de conexión

Tablero de conexión para el sistema interconectado a red.

- Controlador de carga

Un regulador solar o de carga, es un dispositivo encargado de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las mismas. Controla entrada de corriente proveniente del panel solar y evita que se produzcan sobrecargas y sobredescargas profundas en las baterías.

- Contador bidireccional

Este brinda la lectura de demanda y el medidor cuenta con otra lectura que mide la energía que ellos aportan a la red; esta lectura no mide el total de la energía producida, sino la energía que en el momento que se generó no utilizó en su casa.

Se deberá tomar en cuenta que para instalar un sistema de interconexión, primero, se tiene que tener el permiso y la factibilidad de la respectiva distribuidora de energía

contratada; de ésta manera, hacer la instalación del contador bidireccional y así, poder abastecer los consumos proyectados.

Figura 6. Diseño del sistema solar fotovoltaico



b. Ventajas y desventajas de la instalación del sistema solar fotovoltaico

La energía solar, no solamente es una forma de consumo de energía sostenible, sino infinitamente renovable, al menos hasta que el sol termine sin energía dentro de unos cuantos billones de años. Los paneles solares requieren poco mantenimiento, ya que no tienen partes mecánicas que puedan fallar.

Una de las desventajas de la energía solar es que no se puede producir durante la noche. Otra desventaja es que estos equipos pueden ser costosos al inicio para muchas personas.

La energía solar tiene muchos beneficios para los consumidores. Los paneles solares son muy eficientes, ya que los mismos pueden crear energía en unos cuantos milímetros, y todo esto lo hacen en silencio, lo cual contribuye a evitar la contaminación auditiva.

c. Instalación del sistema solar fotovoltaico

Para la instalación del sistema, la empresa a contratar deberá manejar los accesorios de manera que no causen ningún inconveniente para el momento de funcionamiento del sistema. Todos los equipos que el mismo requiere, deberá ser instalado por un especialista en electricidad en cuestiones de aprovechamiento de la energía solar.

d. Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico

Los paneles solares, requieren poco mantenimiento ya que no tienen partes mecánicas que pueden fallar. Sin embargo, siempre se deberá estar verificando que no se ha producido ninguna anomalía con el paso del tiempo. En caso que ocurra alguna falla, la empresa tendrá la responsabilidad de intervenir cuando se produzca alguna situación anormal y efectuar un mantenimiento preventivo mínimo periódicamente.

d. Costo del proyecto

Es esencial determinar el costo total de lo que se va a utilizar para conocer la viabilidad del proyecto. Así mismo, asegurar el financiamiento y apoyo que brindaran los entes encargados para poder realizar dicho proyecto.

El costo total del proyecto incluyendo materiales, mano de obra, equipo, mantenimiento y funcionamiento tiene un total de Q. 69,075.16.

A través del análisis de los elementos que componen cada tecnología limpia, se calcularon los siguientes costos:

Cuadro 7. Costo total del proyecto

En el siguiente cuadro se presenta el costo para la instalación, construcción y mantenimiento de cada tecnología limpia a implementar. Los montos se presentan en Quetzales.

No.	Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Sistema de tratamiento de aguas negras				Q 1,609.15
1.1	Material (biodigestor)				
1.1.1	Rollo de polietileno tubular	Yardas	10	Q 10.58	Q 105.84
1.1.2	Tubos PVC DE 6" (1m de largo)	Tubos	1	Q 143.26	Q 143.26
1.1.3	Pasamuros (flange) de 1/2"	Unidad	2	Q 10.58	Q 21.17
1.1.4	Terraja 1/2"	Unidad	1	Q 33.11	Q 33.11
1.1.5	Llave "Estilson" #10	Unidad	1	Q 60.10	Q 60.10
1.1.6	Teflón	Unidad	1	Q 2.65	Q 2.65
1.1.7	Tijeras	Unidad	1	Q 49.14	Q 49.14
1.1.8	Manguera transparente para nivel	Yardas	7	Q 2.65	Q 18.52
1.2	Mano de obra calificada				
1.2.1	Fontanero	Jornal	1	Q 113.40	Q 113.40
1.2.2	Experto en biodigestores	Jornal	1	Q 113.40	Q 113.40
1.3	Mano de obra No calificada				
1.3.1	Auxiliares	Jornal	2	Q 68.04	Q 136.08
1.4	Material (conducción de biogás)				
1.4.1	Tubería de PVC 1/2"	Tubos	4	Q 6.05	Q 24.19
1.4.2	Codos PVC 1/2"	Unidad	4	Q 0.91	Q 3.63
1.4.3	Niples PVC de 1/2" (adaptadores)	Unidad	4	Q 0.76	Q 3.02
1.4.4	Tee PVC de 1/2"	Unidad	4	Q 1.21	Q 4.84
1.4.5	Llaves de bola de 1/2" de plástico	Unidad	4	Q 35.53	Q 142.13
1.4.6	Tubos de hierro de 1/2" con rosca	Tubos	1	Q 49.14	Q 49.14
1.4.7	Codos de hierro de 1/2" con rosca	Unidad	2	Q 13.23	Q 26.46
1.4.8	Selladora manual	Unidad	1	Q 377.62	Q 377.62
1.5	Mano de obra calificada				
1.5.1	Fontanero	Unidad	1	Q 113.40	Q 113.40
1.6	Mano de obra No calificada				
1.6.1	Auxiliares	Unidad	1	Q 68.04	Q 68.04
2	Sistema de tratamiento de aguas grises				Q 8,453.05
2.1	Material (tratamiento primario)				
2.1.1	Recipientes plásticos con tapa (39 gal)	Unidades	2	Q200.00	Q 400.00
2.1.2	T's PVC, sanitaria de 38 mm (1,5 pulg)	Unidades	4	Q65.33	Q 261.32
2.1.3	Tubería PVC, sanitaria de 38 mm (1,5 pulg)	m	2	Q75.00	Q 150.00
2.1.4	Uniones PVC de 38 mm (1,5 pulg)	Unidades	4	Q23.02	Q 92.08
2.1.5	Tubería PVC de 25 mm (1 pulg) ventilación	m	3	Q22.90	Q 68.70
2.1.6	Unión PVC de 25 mm (1 pulg)	Unidades	1	Q18.20	Q 18.20
2.1.7	Codos sanitarios de 25 mm (1 pulg)	Unidades	3	Q8.20	Q 24.60
2.1.8	Tubo silicón	Unidades	1	Q21.00	Q 21.00
2.2	Material (biojardinera)				
2.2.1	Piedra tipo gavión, bola, entre 4 a 5 pulg	m3	2.08	Q340.00	Q 707.20
2.2.2	Piedra cuarta, entre 3/4 y 1 pulg	m3	8.32	Q375.00	Q 3,120.00
2.2.3	Plástico no menor a 0,7 mm espesor, 3 m ancho	m	10.6	Q10.00	Q 106.00
2.2.4	Tubería PVC, sanitaria de 38 mm (1,5 pulg)	m	4.7	Q75.00	Q 352.50
2.2.5	Tapones PVC, sanitaria de 38 mm (1,5 pulg)	Unidades	6	Q1.91	Q 11.46
2.2.6	T's PVC, sanitarias de 38 mm (1,5 pulg)	Unidades	4	Q65.33	Q 261.32
2.2.7	Tubo pegamento para PVC	Unidades	1	Q207.27	Q 207.27
2.2.8	Cemento o pegamix	Sacos	5	Q78.00	Q 390.00
2.2.9	Sacos para cubrir el plástico	Unidades	90	Q0.50	Q 45.00
2.3	Material (nivelación)				
2.3.1	Estacas	Unidades	4	Q1.50	Q 6.00
2.3.2	Pala	Unidades	4	Q100.00	Q 400.00
2.3.3	Azadón	Unidades	4	Q115.00	Q 460.00
2.3.4	Piocha	Unidades	4	Q110.00	Q 440.00
2.4	Material (unidad de salida del agua)				
2.4.1	Recipiente plástico con tapa (39 gal)	Unidades	1	Q200.00	Q 200.00
2.4.2	Válvulas o llave de paso PVC de 38 mm (1,5 pulg)	Unidades	2	Q55.00	Q 110.00
2.4.3	Tubería PVC sanitaria de 38 mm (1,5 pulg)	m	2	Q15.20	Q 30.40
2.5	Mano de obra calificada				

No.	Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
2.5.1	Operario	Días	2	Q105.00	Q 210.00
2.6	Mano de obra no calificada				
2.6.1	Ayudante	Días	6	Q60.00	Q 360.00
3	Sistema de captación de agua de lluvia				Q 21,961.96
3.1	Material (canaletas)				
3.1.1	Canal de metal 2-1/2x10'	m	25	Q 15.00	Q 375.00
3.2	Material (conducción)				
3.2.1	Tubería PVC 4"	Unidad	11	Q 23.80	Q 261.80
3.2.2	Codo 90 PVC 4"	Unidad	1	Q 35.80	Q 35.80
3.2.3	Abrazaderas 4"	Unidad	4	Q 23.00	Q 92.00
3.2.4	Cedazo	Libra	1	Q 266.00	Q 266.00
3.3	Material (interceptor de las primeras aguas)				
3.3.1	T's PVC, 3"	Unidad	1	Q 13.97	Q 13.97
3.3.2	Tubería PVC, 3"	Unidad	1	Q 79.00	Q 79.00
3.3.3	Reducción de 3" a 2"	Unidad	1	Q 1.30	Q 1.30
3.3.4	Niple, 2"	Unidad	1	Q 11.02	Q 11.02
3.3.5	Reducción de 4" a 2"	Unidad	2	Q 1.30	Q 2.60
3.3.6	Bola de jebe	Unidad	1	Q 10.00	Q 10.00
3.3.7	Tubería PVC, 4"	Unidad	1	Q 23.80	Q 23.80
3.3.8	Codo, 2"	Unidad	1	Q 3.67	Q 3.67
3.3.9	Válvula	Unidad	3	Q 38.00	Q 114.00
3.4	Material (tanque de almacenamiento)				
3.4.1	Cemento	Saco	124	Q 76.00	Q 9,424.00
3.4.2	Arena	m3	7	Q 180.00	Q 1,260.00
3.4.3	Piedrín	m3	7	Q 225.00	Q 1,575.00
3.4.4	Piedra bola	m3	17	Q 150.00	Q 2,550.00
3.4.5	Acero 1/2	Varilla	68	Q 36.00	Q 2,448.00
3.4.6	Acero 3/8	Varilla	40	Q 13.00	Q 520.00
3.4.7	Madera 10' x 12" x 1'	Tabla	25	Q 65.00	Q 1,625.00
3.4.8	Clavo 3"	Libra	50	Q 7.00	Q 350.00
3.4.9	Alambre de amarre	Libra	50	Q 7.00	Q 350.00
3.5	Mano de obra calificada				
3.5.1	Operario	Días	2	Q 105.00	Q 210.00
3.6	Mano de obra no calificada				
3.6.1	Ayudante	Días	6	Q 60.00	Q 360.00
4	Sistema solar fotovoltaico				Q 36,666.00
4.1	Paneles solares monocristalino	Unidad	6	Q 2,079.00	Q 12,474.00
4.2	Sistema de fijación	Unidad	1	Q 3,024.00	Q 3,024.00
4.3	Inversor de 3Kw/h 120/240 VAC	Unidad	1	Q 11,340.00	Q 11,340.00
4.4	Tablero de conexión	Unidad	1	Q 3,024.00	Q 3,024.00
4.5	Controlador de carga	Unidad	1	Q 1,134.00	Q 1,134.00
4.6	Contador bidireccional	Unidad	1	Q 3,780.00	Q 3,780.00
4.2	Mano de obra	Técnico	1	Q 1,890.00	Q 1,890.00
Costo total					Q 68,690.16

No.	Costo de mantenimiento de cada sistema				Q 385.00
1	Biodigestor				
1.1	Mantener nivel del agua	-	-	Q -	Q -
1.2	Purgar tubería de biogás	-	-	Q -	Q -
1.3	Introducir c/mañana estiércol con agua	-	-	Q -	Q -
2	Biojardín				
2.1	Remover sólidos sedimentados o partículas en los tanques	1	Jornal	Q 50.00	Q 50.00
2.2	Tratamiento primario				
2.3	Retirar residuos (grasas/sólidos)	1	Jornal	Q 50.00	Q 50.00
2.4	Tratamiento a los residuos retirados (cal o enterrarla)	1	Jornal	Q 70.00	Q 70.00
3	Sistema de captación de agua de lluvia				
3.1	Limpieza de canaletas (c/año)	1	Jornal	Q 70.00	Q 70.00
3.2	Limpieza del tanque (c/2años)	1	Jornal	Q 50.00	Q 50.00
3.3	Escoba	1	Unidad	Q 15.00	Q 15.00
3.4	Cloro	1	Litro	Q 10.00	Q 10.00
3.5	Verificar que no existen fugas (c/6meses)	-	-	Q -	Q -
3.6	Chapear área	1	Jornal	Q 70.00	Q 70.00
4	Paneles solares	1	-	Q -	Q -
Costo total					Q 69,075.16

9. ESTUDIO FINANCIERO

Para la evaluación financiera, se considera a la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- como principal financiador. Siendo tomada en cuenta como la institución que posee los recursos necesarios para poder financiar este tipo de proyectos en donde se logre un desarrollo sostenible. Es importante aclarar que el objetivo de este proyecto, se convierte en un proyecto de carácter social, dado que no genera las utilidades esperadas al compararlo con un proyecto de carácter privado; pero sí se considera como utilidad el ahorro que se puede generar por la implementación de dicho proyecto.

La vida útil de dicho proyecto se estima de 10 años, después de este plazo su rendimiento empieza a decrecer en eficiencia.

El Valor Presente Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), y la Relación Beneficio Costo (RB/C), son los indicadores apropiados para evaluar el proyecto.

Con las consideraciones anteriores, se elaboró el flujo financiero a precios corrientes, tal como se expresa en los siguientes cuadros de análisis financiero a un plazo de 10 años de proyección.

a. Presupuesto del proyecto

El presupuesto del proyecto se encuentra estipulado por la cantidad de energía eléctrica, agua para uso doméstico y riego, y la utilización de gas en la cocina para satisfacer la demanda de la casa ecológica. Incluye también todos los materiales para poder tener cada sistema de manera completa y eficiente.

Los beneficios que se tienen como resultado al implementar cada tecnología limpia, son de carácter económico y ambiental a largo plazo. A pesar que la inversión inicial es grande, cabe mencionar que vale la pena, si se considera que la vida útil de cada sistema es larga.

Cuadro 8. Presupuesto de cada tecnología a implementar

A continuación se presenta el costo para la instalación, construcción y mantenimiento de cada tecnología limpia a implementar. Los montos se presentan en Quetzales.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO (En Quetzales)

No.	Concepto	Año										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sistema de tratamiento de aguas grises	8,453.05										
2	Sistema de captación de agua de lluvia	21,961.96										
3	Sistema solar fotovoltaico	36,666.00										
4	Sistema de tratamiento de aguas negras	1,609.15										
5	Mantenimiento de los sistemas	0.00	385.00	404.25	424.4625	445.68	467.96	491.36	515.93	541.73	568.82	597.261
	Costo total	68,690.16	385.00	424.2	445.41	467.68	491.06	515.62	541.41	568.48	596.90	626.75

Cuadro 9. Proyección de ingresos

No.	Descripción	Costo Unitario	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
			Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto
1	Ahorro por consumo de energía eléctrica	Q 525.00	12	6,300.00	12	6,615.00	12	6,930.00	12	7,245.00	12	7,560.00
2	Ahorro por consumo de agua potable	Q 100.60	12	1,207.20	12	1,267.56	12	1,327.92	12	1,388.28	12	1,448.64
3	Ahorro por consumo de gas propano	Q 200.40	12	2,404.80	12	2,525.04	12	2,645.28	12	2,765.52	12	2,885.76
	Total			9,912.00		10,407.60		10,903.20		11,398.80		11,894.40

No.	Descripción	Costo Unitario	Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
			Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto
1	Ahorro por consumo de energía eléctrica	Q 525.00	12	7,875.00	12	8,190.00	12	8,505.00	12	8,820.00	12	9,135.00
2	Ahorro por consumo de agua potable	Q 100.60	12	1,509.00	12	1,569.36	12	1,629.72	12	1,690.08	12	1,207.20
3	Ahorro por consumo de gas propano	Q 200.40	12	3,006.80	12	3,126.24	12	3,246.48	12	3,366.72	12	2,404.80
	Total			12,390.00		12,885.60		13,381.20		13,876.80		12,747.00

b. Evaluación Financiera

Al aplicar los indicadores Se presentan los indicadores VPN, TIR, y B/C; se calcula la viabilidad financiera del proyecto. Los montos se presentan en quetzales (Q.):

Cuadro 10. Análisis financiero del proyecto

No.	Concepto	Año										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sistema de tratamiento de aguas grises	8,453.05										
2	Sistema de captación de agua de lluvia	21,961.96										
3	Sistema solar fotovoltaico	36,666.00										
4	Sistema de tratamiento de aguas negras	1,609.15										
5	Mantenimiento de los sistemas	0.00	385.00	385.00	404.25	424.46	445.68	467.96	491.36	515.93	541.73	568.82
6	Costo total	68,690.16	385.00	385.00	404.25	424.46	445.68	467.96	491.36	515.93	541.73	568.82
7	Ingresos Totales	0.00	9,912.00	10,407.60	10,903.20	11,398.80	11,894.40	12,390.00	12,885.60	13,381.20	13,876.80	12,747.00
8	Beneficios Netos	-68,690.16	9,527.00	10,022.60	10,498.95	10,974.34	11,448.72	11,922.04	12,394.24	12,865.27	13,335.07	12,178.18
9	Flujo Neto de Efectivo	-68,690.16	9,527.00	10,022.60	10,498.95	10,974.34	11,448.72	11,922.04	12,394.24	12,865.27	13,335.07	12,178.18
10	FNE descontado	-68,690.16	9,527.00	10,022.60	10,498.95	10,974.34	11,448.72	11,922.04	12,394.24	12,865.27	13,335.07	12,178.18

Ingresos descontados	0.00	9,350.94	9,262.73	9,154.54	9,028.92	8,888.19	8,734.46	8,569.66	8,395.53	8,213.66	7,117.86
Costos descontados	68,690.16	363.21	342.65	339.42	336.21	333.04	329.89	326.78	323.70	320.65	317.63
Suma ingresos descontados	86,716.48										
Suma costos descontados	72,023.33										

Tasa de descuento	0.04
-------------------	------

VPN	Q46,476.25
TIR	10%
Relación B/C	1.20

Los resultados de la evaluación financiera se presentan en el cuadro 10, en donde el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es de Q. 46,476.25, el cual indica que es mayor a “0” y de acuerdo a la regla de decisión del proyecto, debe aceptarse. La tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto es de 10%. La relación Beneficios Costo (B/C) del proyecto es de 1.20; indicando que por cada Q. 1.00 invertido, se obtiene un beneficio del Q. 0.20, dando la pauta para desarrollar el proyecto de

“Implementación de tecnologías limpias en casa ecológica en finca escuela trinacional, localizado en Candelaria la Frontera, departamento Santa Ana, El Salvador.

c. Análisis de sensibilidad

Cuadro 11. Análisis de sensibilidad del proyecto

No.	Concepto	Año										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sistema de tratamiento de aguas grises	8,453.05										
2	Sistema de captación de agua de lluvia	21,961.96										
3	Sistema solar fotovoltaico	36,666.00										
4	Sistema de tratamiento de aguas negras	1,609.15										
5	Mantenimiento de los sistemas	0.00	423.50	444.68	466.91	490.25	514.76	540.49	567.52	595.90	625.70	656.99
6	Costo total	68,690.16	385.00	424.20	445.41	467.68	491.06	515.62	541.41	568.48	596.90	626.75
7	Ingresos Totales	0.00	9,912.00	10,407.60	10,903.20	11,398.80	11,894.40	12,390.00	12,885.60	13,381.20	13,876.80	12,747.00
8	Beneficios Netos	-68,690.16	9,527.00	9,983.40	10,457.79	10,931.12	11,403.34	11,874.38	12,344.19	12,812.72	13,279.90	12,120.26
10	Flujo Neto de Efectivo	-68,690.16	9,527.00	9,983.40	10,457.79	10,931.12	11,403.34	11,874.38	12,344.19	12,812.72	13,279.90	12,120.26
11	FNE descontado	-68,690.16	9,527.00	9,983.40	10,457.79	10,931.12	11,403.34	11,874.38	12,344.19	12,812.72	13,279.90	12,120.26

Ingresos descontados	0.00	9,350.94	9,262.73	9,154.54	9,028.92	8,888.19	8,734.46	8,569.66	8,395.53	8,213.66	7,117.86
Costos descontados	68,690.16	363.21	377.54	373.97	370.45	366.95	363.49	360.07	356.67	353.31	349.97
Suma ingresos descontados	86,716.48										
Suma costos descontados	72,325.78										

Tasa de descuento	0.04
-------------------	------

VPN	Q46,043.94
TIR	10%
Relación B/C	1.20

d. Fuente de financiamiento

Para la evaluación financiera, se considera a la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa –MTFRL- como principal financiador. Siendo tomada en cuenta como la institución que posee los recursos necesarios para poder financiar este tipo de proyectos en donde se logre un desarrollo sostenible

10.EVALUACIÓN SOCIAL

Al ejecutar el proyecto de “Implementación de tecnologías limpias en casa ecológica en finca escuela trinacional, que se encuentra localizado en Candelaria La Frontera, departamento Santa Ana, El Salvador”, se espera alcanzar los siguientes beneficios socioeconómicos:

- Disminución de costes en energía eléctrica consumida normalmente, en viviendas de aproximadamente de 5 a 6 familias.
- Réplicas en área rural de este tipo de viviendas amigables al ambiente.
- Tratamiento de aguas grises y negras, evitando la contaminación hídrica tanto subterránea como superficial.
- Disminución de costes en consumo de agua.
- Aprovechamiento de agua de lluvia para uso doméstico y riego.
- Utilización del biogás, en vez del gas propano.

Si bien es cierto, que la inversión inicial para la implementación de dicho proyecto es grande; sin embargo, es importante resaltar que esta misma, se logra recuperar a largo plazo. Y al momento de ser recuperados, se podrán llevar a cabo otros proyectos u obras en donde se logre un desarrollo sostenible.

Además, el esparcimiento de este tipo de tecnologías limpias, permitirá una mejor calidad de vida de las personas que comiencen a implementarlas; y a su vez, obtendrán un beneficio económico. También existen beneficios sociales tales como:

Disminución de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica y utilización del gas propano en la cocina, reconociendo que ambos emiten una gran cantidad de dióxido de carbono; el cual contribuye al aumento del efecto invernadero, posteriormente al calentamiento global afectando a la sociedad humana. Por ende, se debe buscar la forma de mitigar los impactos adversos al medio ambiente en el que habitamos.

11. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

a. Impactos negativos del proyecto sobre el medio ambiente

La ejecución de dicho proyecto, causa un mínimo impacto ambiental negativo. Ya que su objetivo principal es contribuir con el medio ambiente, a través de la búsqueda de alternativas como lo son las tecnologías limpias, en donde cada familia logre poder vivir cómodamente en un ambiente más agradable.

Sin embargo; a pesar de su objetivo, al terminar la vida útil de cada tecnología limpia se generarán algunos residuos como:

Impactos ambientales negativos del sistema de tratamiento de aguas negras:

- Se generarán vertimientos puntuales locales que pueden llegar a contaminar los cuerpos de agua superficiales. Su efecto es considerable debido a que se requiere un manejo de los lixiviados.
- Además, como consecuencia del tratamiento anaerobio que se da en el biodigestor; debido a que se tratan residuos orgánicos, se generarán malos olores.
- El biodigestor tendrá un impacto sobre el paisaje ya que existirá una obra que va a contrastar con el entorno paisajístico, especialmente por la utilización de materiales sintéticos.
- También puede existir un riesgo ocupacional a los operarios por el manejo inadecuado de la recolección, manejo y transporte de los residuos orgánicos.

Impactos ambientales negativos ambientales del sistema de tratamiento de aguas grises (León 1995):

- Genera una contaminación del agua subterránea a causa de elementos contaminantes no removidos por el sistema de tratamiento.
- Presencia de los elementos potencialmente fitotóxicos que pueden acumularse en los cultivos y transmitirse a lo largo de la cadena alimenticia.
- Generación de malos olores por diseño, operación y mantenimiento inadecuado.
- Presencia de vectores de enfermedades, si no hay un control adecuado

- Deterioro del suelo por incremento de la tasa de salinización y saturación del agua, si no se presta la debida atención a las necesidades de filtración y drenaje.

Impactos ambientales negativos del sistema de captación de agua de lluvia:

- Los componentes ambientales sobre los que se producen los mayores impactos negativos potenciales son el aire, por el ruido y la afectación de la calidad del mismo en la etapa de operación; paisaje natural: suelo, en cuanto a su drenaje superficial y fauna en virtud principalmente del movimiento de equipos y máquinas para realizar los movimientos de suelo.

Impactos ambientales negativos del sistema solar fotovoltaico (Centro de Estudios de Aparejadores por Correspondencia 2016):

- El proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos y sus componentes asociados, contiene un número de materiales peligrosos; los cuales, al liberarse al medio ambiente se considera un impacto adverso.
- El impacto visual que pueden tener los sistemas fotovoltaicos en las zonas.
- La producción de paneles solares, puede producir gases de efecto invernadero.
- Se requiere una gran cantidad de energía para fabricarlos.
- Además, los paneles solares necesitan una sustancia llamada “polysilicio”; y para fabricar una tonelada de este químico se producen cuatro toneladas de desechos líquidos.

b. Impactos positivos del proyecto sobre el medio ambiente

Impactos ambientales positivos del sistema solar fotovoltaico (Centro de Estudios de Aparejadores por Correspondencia 2016):

- Disminución en la quema de combustible fósil (diésel) y producción de CO₂ en la generación de energía eléctrica; ya que el sistema solar fotovoltaico no captura el CO₂ pero no permite que se emita más.
- Aprovechamiento del recurso solar energético.

- No produce contaminación ni vertidos, esto mantiene el subsuelo y aguas superficiales de la corteza terrestre libre de contaminación.

Impactos ambientales positivos del sistema de tratamiento de aguas grises (León 1995):

- Disminución de la carga orgánica lanzada a los ríos.
- Disminución de la carga microbiológica descargada al ambiente.
- Generación de entornos ecológicos y mantenimiento de la capacidad de reproducción del ecosistema.
- Mejora del paisaje.
- de agua de lluvia para uso doméstico o para riego a huertas, por ejemplo.

Impactos ambientales positivos del sistema de tratamiento de aguas negras (Universon 2005):

- El biodigestor reduce las emisiones de dióxido de carbono y la concentración de gases como el amoníaco.
- Además, evita la pérdida de recursos energéticos no renovables.
- Reducción de los problemas de contaminación de las aguas residuales por excretas.
- Produce gas metano; el cual, se puede utilizar como biogás en la cocina, sustituyendo al gas propano.
- Como subproducto de la producción del biogás, se obtiene un fertilizante orgánico de alta calidad de inmediata disponibilidad a los cultivos, que se puede integrar fácilmente al sistema de producción.

Impactos ambientales positivos del sistema de captación de agua de lluvia:

- Disminuye la erosión del suelo, ya que el agua de lluvia recarga los acuíferos.
- Conserva las reservas de agua como los ríos y los lagos.
- Además, al utilizarla se reduce la sobreexplotación de fuentes dulces de agua y favorece la sostenibilidad del ecosistema.
- La captación de agua de lluvia puede ser una estrategia poderosa para combatir la escasez del agua en la actualidad.

12. CONCLUSIONES

- Por medio de la evaluación financiera del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:
 - VAN: 46,476.25
 - TIR: 0.1 = 10%
 - Relación B/C: 1.20

Valor que fueron calculados a una tasa de descuento de 10% y proyectados a un plazo de 10 años. Como el Valor Presente Neto (VPN) es mayor a cero y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor a la Tasa Mínima Aceptable (TMA) y la Relación Beneficio Costo (RB/C) es mayor a uno, de acuerdo a los criterios de decisión del proyecto, este debe ser aceptado para su ejecución.

- El estudio de mercado concluye que existe demanda de dicho proyecto, ya que fomentará cambios de actitud y de comportamiento con respecto al ambiente, favoreciendo a las personas que formarán parte del mismo, en el desarrollo de actitudes responsables en relación a la protección ambiental.
- Dentro del estudio técnico se describe cada tecnología limpia que son las que, al momento de ejecutarse, se logrará una “casa ecológica”; por lo tanto, se concluye que el proyecto es factible.
- El proyecto promoverá el estudio de casos en los que las personas que participarán en el mismo, puedan comprender que las problemáticas ambientales, son el resultado de distintas concepciones de la naturaleza, de los recursos naturales y de las diferentes formas de manejo.

13.RECOMENDACIONES

- Para que las viviendas tengan una relación amigable con el ambiente, se debe ejecutar el proyecto; ya que el mismo permitirá una mejor calidad de vida de las personas, fomentará la importancia del aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.
- Considerar que antes de implementar las tecnologías limpias, se capacite tanto a las personas que participarán en el proyecto, como a las que realizarán réplicas, para un mejor conocimiento del uso adecuado de cada sistema.
- Para que la idea de implementar casas ecológicas, aumente; se deberán fortalecer las estrategias para informar a la población de la existencia y funcionamiento eficiente de las mismas.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiente y comercio. s.f. Foro virtual: sobre cambio climático: primer foro interactivo sobre cambio climático en América Latina (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 27 ago. 2018. Disponible en <http://www.ambienteycomericio.org/construccion-sustentable/recoleccion-de-agua-de-lluvia-y-ahorro-de-agua-en-el-hogar/>
- CEAC (Centro de Estudios de Aparejadores por Correspondencia). 2016. ¿Tiene impacto medioambiental las placas solares? (en línea). España. Consultado 27 ago. 2018. Disponible en <https://www.ceac.es/blog/tienen-impacto-medioambiental-las-placas-solares>
- Dinámica en soluciones industrial. 2015. Medidas y capacidades del biodigestor rotoplas (en línea, blog). México. Consultado 24 jul. 2018. Disponible en <http://blog.distribuidornacional.com/2015/04/medidas-y-capacidades-del-biodigestor.html>
- Garduño, F. 2012. Manejo de aguas grises: VII curso regional de saneamiento sostenible (diapositivas). Tepoztlán, México. 38 diapositivas.
- León Suematsu, G. 1995. Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales (en línea). Lima, Perú, CEPIS/OPS. p. 4. Consultado 27 ago. 2018. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/leon5.pdf>
- Martí Herrero, J. 2008. Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación: biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano (en línea). La Paz, Bolivia. p. 28. Consultado 25 jun. 2018. Disponible en <http://www.bivica.org/upload/biodigestores-familiares.pdf>

Pizarro, R; Abarazo, A; Morales, C; Calderón, R; Tápia, J; García, P; Córdova, M. 2015. Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile (en línea). Chile, PHI - LAC. 9 p. Consultado 19 jun. 2018. Disponible en <http://eias.entalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/Manual%20Scalls%20Unesco%202015.pdf>

Universo porcino. 2005. Beneficios en el uso de biodigestores (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 27 ago. 2018. Disponible en http://www.aacporcinos.com.ar/articulos/internacionales_porcinas_01-2011_beneficios_en_el_uso_de_biodigestores.html