



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Hydrological
Programme

Trifinio

Estudio de las aguas subterráneas

Proyecto GGRETA – Fase 1 – 2013-2015

Informe técnico



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO ni comprometen a la Organización. Informe del proyecto “Gobernanza de aguas subterráneas en acuíferos transfronterizos” (GGRETA).

Preparado por el Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO-PHI) y la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza (UICN).

© UNESCO 2016

Fotos © UNESCO-PHI/UICN. (Los autores son los expertos del equipo de trabajo del caso de estudio).
Págs. 14-15: Cortesía Andrea Merla.

Compuesto e impreso en los talleres de la UNESCO

Imprenta con certificación Imprim'Vert®, iniciativa ambiental de la industria gráfica francesa.

Impreso en Francia

2016/SC/HYD/GGRETA-2

SC-2016/WS/23

Trifinio

Estudio de las aguas subterráneas

Proyecto GGRETA) – Fase 1 – 2013-2015



Informe técnico





Índice

Índice.....	5
Acrónimos y abreviaciones	11
Prefacio.....	13
Capítulo 1. Introducción	15
1.1. Antecedentes generales	16
1.2. El proyecto GGRETA y el caso de estudio Trifinio	16
1.3. Proyecto caso piloto acuífero Trifinio	19
1.3.1. ACTORES INVOLUCRADOS E INSTITUCIONES INVOLUCRADAS	19
1.3.2. ENFOQUE DEL PROYECTO	22
1.3.3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME	23
Capítulo 2. El área de estudio	25
2.1. Antecedentes históricos del área	26
2.2. Información general sobre área de estudio	28
2.2.1. UBICACIÓN	28
2.2.2. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE	30
2.3. Variables climáticas	31
2.3.1. PRECIPITACIÓN	31
2.3.2. TEMPERATURA	32
2.3.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN	33
2.3.4. VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO	34
2.4. Unidades políticas administrativas y población	35
2.4.1. DATOS POBLACIONALES	35
2.4.2. DENSIDAD POBLACIONAL	36
2.4.3. TASA DE MORTALIDAD	37
2.5. Abastecimiento de agua y saneamiento	38
2.6. Actividades económicas y uso de la tierra	39
2.6.1. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	39
Capítulo 3. Visión general de las aguas subterráneas en la región del Trifinio	43
3.1. Marco geológico e hidrogeológico	44
3.1.1. MARCO GEOLÓGICO	44

3.2.	Principales unidades hidrogeológicas	50
3.2.1.	ESTUDIO GEOFISICO	50
3.2.1.	ACUIFERO SUPERFICIAL (Aluviones del Cuaternario)	52
3.2.2.	ACUITARDO (TOBAS MASIVAS)	53
3.2.3.	ACUIFERO PROFUNDO (fracturado)	53
3.3.	Modelo conceptual	54
Capítulo 4. El papel del agua subterránea en el área		57
4.1.	Uso del agua	58
4.2.	Número, categoría y distribución de manantiales y pozos (excavados y perforados)	58
4.3.	Extracción de agua subterránea y su uso	60
Capítulo 5. Amenazas para el desarrollo sostenible y uso del agua		63
5.1.	Fuentes de contaminación del agua subterránea, vulnerabilidad y riesgo a la contaminación	64
5.1.1.	PATRONES REGIONALES DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	64
5.1.2.	CALIDAD DEL AGUA EN EL ACUÍFERO ESQUIPULAS	66
5.1.3.	CALIDAD DEL AGUA EN EL ACUÍFERO OCOTEPEQUE CITALÁ	72
5.2.	Fuentes de contaminación del agua subterránea, vulnerabilidad y riesgo de contaminación	77
5.2.1.	VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN	78
5.2.2.	FUENTES DE CONTAMINACIÓN	79
5.3.	Agotamiento de las aguas subterráneas por el sobreuso	82
5.4.	Escasez de agua debido a la variabilidad y el cambio climático	83
Capítulo 6. Sistema de Gestión de Información		85
6.1.	Introducción	86
6.2.	Papel del IMS en la gobernanza de las aguas subterráneas de las aguas subterráneas del área del Trifinio	86
6.3.	Base de datos sobre aguas subterráneas de la región Trifinio (Plan Trifinio)	87
6.4.	Sistema de información (Portal Web)	87
6.4.1.	INTERFASE TRIFINIO Y GGRETA	88
Capítulo 7. Análisis de los actores para la gobernanza del agua en los acuíferos		93
7.1.	Actores a nivel de cuenca	94
7.1.1.	EL PLAN TRIFINIO	94
7.1.2.	MANCOMUNIDAD TRINACIONAL TRANSFRONTERIZA DEL RÍO LEMPA	96
7.1.3.	EQUIPO TÉCNICO INVESTIGADOR TRINACIONAL	96
7.1.4.	COMISIÓN TRINACIONAL DE JUNTAS DE AGUA	97
7.1.5.	ACADEMIA	97

7.2. Actores a nivel local	97
7.2.1. GOBIERNOS MUNICIPALES	97
7.2.2. COMITÉS Y JUNTAS DE AGUA	98
7.2.3. ASOCIACIONES DE REGANTES Y ASOCIACIONES DE GANADEROS	98
7.2.4. CAFICULTORES	99
7.2.5. AGROINDUSTRIA (BENEFICIADO DE CAFÉ)	99
7.2.6. SECTOR TURISMO	99
7.3. Aplicación del enfoque de género con actores claves en el área de estudio	100
7.3.1. INDICADORES DE GÉNERO	101
7.3.2. IDENTIFICACIÓN DE CASOS EXITOSOS DE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE GÉNERO	104
7.4. Principales barreras y oportunidades para lograr una buena gestión de las aguas subterráneas	105
7.5. Principales sinergias para lograr una buena gestión de las aguas subterráneas	105

Capítulo 8. Aspectos legales e institucionales y mecanismos de consulta multipais 109

8.1. Análisis y evaluación del marco legal e institucional transfronterizo vinculado con las aguas subterráneas de la región Trifinio	110
8.1.1. MARCO LEGAL	110
8.1.2. MARCO INSTITUCIONAL	111
8.1.3. EVALUACIÓN	111
8.2. Análisis y evaluación de los marcos legales e institucionales nacionales sobre aguas subterráneas de los países de la región Trifinio	112
8.2.1. EL SALVADOR	112
8.2.2. GUATEMALA	113
8.2.3. HONDURAS	114
8.3. Conclusiones y recomendaciones	116
8.3.1. A NIVEL TRANSFRONTERIZO	116
8.3.2. A NIVEL LOCAL	117

Capítulo 9. Diagnóstico 119

9.1. Propósito y enfoque	120
9.2. Caracterización de recursos	120
9.3. Gobernanza del agua subterránea en la región	121
9.4. El valor de las aguas subterráneas en el área del Trifinio	122
9.5. Problemas de la gestión de las aguas subterráneas	122
9.5.1. AGOTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	122
9.5.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	123
9.6. Síntesis de situación: Indicadores	123
9.7. Conclusiones	126
9.8. Gestión de datos e información	127
9.9. Aspectos de género	128

Capítulo 10. Contexto de cooperación:	
Conclusiones y recomendaciones	131
10.1. Marco jurídico e institucional	132
10.1.1 A NIVEL TRANSFRONTERIZO	132
10.1.2 A NIVEL LOCAL	132
10.2. Futuros pasos del proyecto para la creación de condiciones favorables	133
Anexo	137
ANEXO. Bibliografía	138

Índice de figuras

1.1 Primera delimitación Acuífero Trifinio	17
1.2 Ubicación Acuífero Esquipulas y Acuífero Ocotepeque-Citalá	18
1.3 Etapas seguidas en el Caso de Estudio Trifinio (etapas del proyecto GGRETA)	23
2.1 Ubicación general de la Región Trifinio en América Central	26
2.2 Ubicación de cuencas y subcuencas de la región del Trifinio	27
2.3 Ubicación general de la Cuenca Alta del río Lempa	28
2.4 Ubicación general de la Subcuenca Lempa Alto	29
2.5 Zona de ubicación de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá por jurisdicción municipal en la Subcuenca Lempa Alto	30
2.6 Relieve y precipitación promedio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	31
2.7 Temperaturas promedio anuales en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	32
2.8 Densidad poblacional por municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	36
2.9 Tasa de mortalidad por municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	37
2.10 Porcentaje de cobertura de agua domiciliar y saneamiento ambiental en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	39
3.1 Provincias geológicas de Guatemala	45
3.2 Formación Subinal (capas rojas), carretera de acceso a Esquipulas (Guatemala)	47
3.3 Grupo Padre Miguel	48
3.4 Afloramiento de tobas masivas	49
3.5 Depósitos aluviales presentes en los valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	49
3.6 Mapa de unidades hidrogeológicas y pozos en la Subcuenca Alto Lempa	50
3.7 Distribución de sondeos eléctricos verticales y alto tectónico (en amarillo) entre el acuífero Esquipulas y el acuífero Ocotepeque-Citalá	52
3.8 Sección transversal del acuífero Esquipulas	53
5.1 Diagrama de Piper para el Acuífero Esquipulas época seca y familias de agua	70

5.2 Diagrama de Piper para el Acuífero Esquipulas época lluviosa y familias de agua	70
5.3 Diagrama de Stiff del agua subterránea en Esquipulas, abril 2012 (época seca)	71
5.4 Diagrama de Stiff del agua subterránea en Esquipulas, promedio junio-julio 2012 (época lluviosa)	71
5.5 Diagrama de Piper para el acuífero Ocotepeque-Citalá y familias de agua	76
5.6 Diagrama de Stiff del agua subterránea en Ocotepeque (Honduras), abril y julio 2014	77
5.7 Aplicación del Método GOD para la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de los aluviones de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	78
6.1 Diseño del Portal Web de la Región Trifinio	87
6.2 Unidades Geológicas en la Región Trifinio	89
6.3 Curvas de Nivel o relieve en la Región Trifinio	89
6.4 Clasificación de Suelos en el Acuífero Esquipulas – Ocotepeque – Citalá en la Región Trifinio	90
6.5 Capas de mapas que han sido subidos al portal GGRETA-IMS a enero de 2016	90
7.1 Estructura de la Comisión Trinacional Plan Trifinio CTPT	95

Índice de cuadros

1.1 Conformación del Equipo de Supervisión y Coordinación del proyecto	19
1.2 Conformación del Equipo consultor (última etapa de ejecución)	20
1.3 Mapa de Actores involucrados en el desarrollo del Proyecto	21
2.1 Temperaturas promedio mensuales y anuales en el área de la Subcuenca Alto Lempa	32
2.2 Valores de evapotranspiración potencial promedio mensual y promedio anual en la Subcuenca Alto Lempa	33
2.3 Valores de evapotranspiración real promedio mensual y anual de la zona de estudio	33
2.4 Datos poblacionales en los municipios de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	35
2.5 Densidad poblacional por municipio del área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	36
2.6 Tasa de mortalidad por Municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	37
2.7 Tipo y porcentaje de abastecimiento de agua para consumo humano en el área de estudio	38
2.8 Porcentaje de cobertura de servicio de agua domiciliar y saneamiento ambiental en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá	38
3.1 Estratigrafía de la región Trifinio	45
4.1 Datos de pozos mecánicos y artesanales identificados en el área de estudio durante el proyecto GGRETA	59
4.2 Número de manantiales, pozos excavados y pozos perforados en el área de estudio	60
5.1. Fuentes de agua muestreadas para analizar la calidad de las aguas subterráneas	64
5.2 Tipos de mineralización que se presentaron en los muestreos de calidad de agua	66
5.3 Grupos de alcalinidad identificados de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras	67

5.4 Grupos de Dureza identificados de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras	67
5.5 Tipos de mineralización que se presentaron en los muestreos de calidad de agua	72
5.6 Clasificación de las aguas según su pH	72
5.7 Tipos de agua de acuerdo a la temperatura que presentaron las fuentes muestreadas	73
5.8 Grupos de alcalinidad identificado de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras	73
5.9 Información obtenida sobre el destino de los desechos sólidos en algunos de los Municipios del Área de Estudio	79
5.10 Ciudades y destino de los desechos líquidos	80
5.11 Cobertura de letrinas por país en el área rural del Trifinio	80
5.12 Calidad de agua en el Departamento del Ocotepeque	82
7.1 Instituciones que pertenecen al Equipo Técnico Investigador Trinacional	94
7.2 Indicadores cuantitativos de género en el área de estudio	99
7.3 Distribución por sexo de los socios de cooperativas de café en el área de estudio	102
9.2 Indicadores que describen de manera sintética la situación actual de las aguas subterráneas en la región Trifinio (en inglés)	121

Acrónimos y abreviaciones

ADESCO	Asociación de Desarrollo Comunitario El Salvador
ANDA	Administración nacional de acueductos y alcantarillados de El Salvador
BMU	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania
BRIDGE	Building River Dialogue and Governance (Project)
CARL	Cuenca Alta del Río Lempa
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza
CE	Conductividad Eléctrica
CECC	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
COSUDE	Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación
CTPT	Comisión Trinacional del Plan Trifinio
CUNORI	Centro Universitario de Nor-oriente
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
ENEE	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
GGIS	Sistema Global de información de agua subterránea
GGRETA	Governance of Groundwater Resources in Transboundary Aquifers
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo Internacional
GPS	Global Positioning System
IGRAC	International groundwater assessment resources center
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IMS	Information Management System
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
ISARM	Internationally Shared Aquifer Resources Management
KWF	Cooperación Financiera Gobierno Alemán
MAG	Ministerio de Agricultura El Salvador
MAP	Programa Agroambiental Mesoamericano –CATIE–
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
meq	Miliequivalentes
mg	Miligramos
MINSAL	Ministerio de Salud Pública de El Salvador
Mm³	Millones de metros cúbicos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
OD	Oxígeno Disuelto
OEA	Organización de Estados Americanos
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMA	Oficina Municipal de Ambiente
OMM	Oficina Municipal de la Mujer
ORMACC	Oficina Regional Meso América para Cambio Climático (IUCN)
PRESANCA	Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional

PHI	Programa Hidrológico Internacional de UNESCO
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PRODERT	Proyecto Desarrollo Rural Territorial HELVETAS
PROTCAFES	Proyecto Trinacional de Café Especial Sostenible
PROTUR	Programa de Ordenamiento y Desarrollo del Turismo Sostenible para la Región Trifinio
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SEV	Sondeo eléctrico vertical
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIT-CARL	Sistema de Información Territorial Cuenca Alta Río Lempa
UICN	Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura
USAID-ACCESS	Program Access to clinical and community maternal neonatal and women’s health services
WASH	Agua, Saneamiento e Higiene para Todos
WEB	Página Electrónica
WMS	Servicios de Mapas Web
WWAP	World Water Assessment Programme

Prefacio

El agua es un componente importante de nuestro entorno natural y, sobre todo, es indispensable para la vida en la Tierra. Las aguas subterráneas satisfacen una parte significativa de la demanda en agua, en particular en aquellas zonas donde el clima es relativamente seco. Si queremos lograr un óptimo aprovechamiento de nuestros valiosos recursos en aguas subterráneas y garantizar su sostenibilidad, debemos gestionarlos y manejarlos con cuidado.

La práctica ha demostrado que la gestión y la protección de las aguas subterráneas suelen ser difíciles. Las aguas subterráneas interactúan con diversos componentes adicionales del entorno natural y a su vez se ven afectados por éstos. A menudo nuestros conocimientos de los sistemas locales de aguas subterráneas y de su comportamiento son muy limitados; por otra parte, cada sistema suele tener un gran número de actores con intereses diversos.

Muchos sistemas de aguas subterráneas del planeta (o “acuíferos”, como se suele llamar a estos reservorios de aguas subterráneas) son transfronterizos. Ello significa que o bien abarcan más de una jurisdicción administrativa dentro de un mismo país o que una frontera internacional los atraviesa. Es evidente que en este último caso surgen dificultades particulares para una buena gobernanza y gestión de las aguas subterráneas, y no hay mucha experiencia aún al respecto a escala mundial. El proyecto “Gobernanza de las aguas subterráneas en acuíferos transfronterizos” (GGRETA, por sus siglas en inglés) está destinado a adquirir experiencia en el tema sobre la base de tres estudios piloto de acuíferos transfronterizos en diversas partes del mundo. Los casos identificados al comienzo del proyecto, elegidos de manera de representar los principales tipos de acuífero y diferentes contextos locales, fueron el Acuífero Trifinio en Centroamérica, el Acuífero Stampriet en África meridional y el Acuífero Pretashkent en Asia Central.

GGRETA forma parte del programa sobre diplomacia y gobernanza en materia de recursos hídricos en zonas transfronterizas críticas (*Water Diplomacy and Governance in Key Transboundary Hot Spots Programme*) financiado por la Agencia Suiza de Cooperación y Desarrollo (COSUDE) y ejecutado por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, en colaboración con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el Centro Internacional de Evaluación de los Recursos de Aguas Subterráneas (IGRAC) de la UNESCO y los equipos locales correspondientes.

La primera fase del proyecto GGRETA (2013-2015) fue concebida como etapa de evaluación, con tres objetivos principales:

- Centrar la atención de la comunidad internacional en los acuíferos transfronterizos y proporcionar ejemplos de evaluaciones y diagnósticos
- Evaluar los tres acuíferos transfronterizos piloto y sus contextos: Trifinio, Stampriet y Pretashkent
- Fomentar el reconocimiento de la naturaleza compartida del recurso de aguas subterráneas y facilitar los intercambios técnicos y el diálogo transfronterizo.

Este informe describe los resultados de la ejecución de esta primera fase del caso de estudio “Trifinio”, dedicada al estudio de las aguas subterráneas de la zona trinacional compartida por Guatemala, El Salvador y Honduras. Se presentan las etapas de la implementación y la valiosa información técnica generada, detallando en particular, la delineación de los dos acuíferos que en realidad conforman el acuífero Trifinio. Se analizan también los otros aspectos a tomar en cuenta en aras de mejorar la gobernanza de las aguas subterráneas y de lograr una gestión sostenible de las aguas subterráneas en la zona de Trifinio, brindando un diagnóstico y formulando recomendaciones para una segunda fase del proyecto.





Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes generales

Cada día, las aguas subterráneas son utilizadas en mayor cantidad para suplir las necesidades de abastecimiento de este vital líquido para consumo humano principalmente por comunidades rurales y urbanas, en todo el planeta, así como para otros usos como los agrícolas, comerciales, industriales, turísticos, etc. A pesar de este incremento en su utilización, su dinámica sigue siendo poco estudiada y debido a esto no se cuenta con información básica que permita una gestión sostenible a nivel local o nacional de este recurso, y tampoco para poder realizar una planificación e implementación de actividades de restauración, conservación y protección de las zonas de recarga hídrica.

El Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (UNESCO-PHI) ha realizado esfuerzos para mejorar la comprensión de los recursos de agua subterránea a nivel mundial, brindando asistencia técnica a los países para la gestión de sus acuíferos transfronterizos. El Programa Internacional para la Gestión de Recursos de Acuíferos Compartidos (*International Shared Aquifer Resources Management Programme* – ISARM, por sus siglas en inglés) opera desde el año 2000 como un programa mundial que, en colaboración con sus asociados en las esferas nacional, regional e internacional, trabaja en la elaboración de un inventario y en estudios sobre los acuíferos del mundo. El enfoque de ISARM es multidisciplinario y considera que la gestión de dichos acuíferos debe tener en cuenta las características hidrogeológicas, los aspectos ambientales y socio-económicos, así como los marcos legales e institucionales a nivel doméstico e internacional. La componente ISARM-Américas del programa global había identificado en 2006, en el área trinacional "Trifinio" compartida por El Salvador, Guatemala y Honduras, un acuífero transfronterizo denominado "Esquipulas-Ocotepeque-Citalá".

1.2. El proyecto GGRETA y el caso de estudio Trifinio

En mayo del 2012 la COSUDE (Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación), dentro de su Marco Estratégico 2010-2015, publicó un llamado a concurso de proyectos para ser financiados en el marco del programa "Diplomacia del agua y gobernanza de aguas transfronterizas". UNESCO-PHI y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) presentaron propuestas, y el proyecto "Gobernanza de Aguas Subterráneas en Acuíferos Compartidos" (*Governance of Groundwater Resources in Transboundary Aquifers* - GGRETA por sus siglas en inglés) para desarrollar trabajos y actividades en tres sitios pilotos, fue aceptado. Uno de estos tres sitios se encontraba en la región "Trifinio". Los otros dos casos de estudio se sitúan en África Austral y Asia Central.

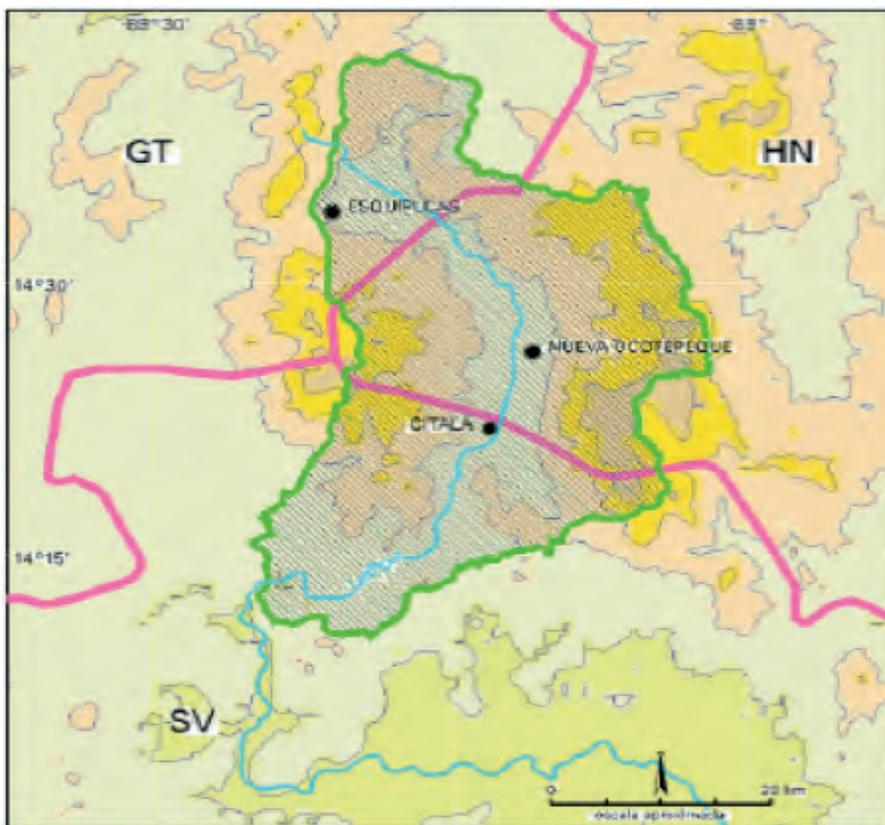
De esta manera, en el año 2013, se inician las actividades preparatorias UNESCO-PHI/UICN para desarrollar el proyecto "Estudio de Caso Trifinio" como uno de los casos del proyecto GGRETA. Se acordó que las actividades de este caso de estudio deberían ser llevadas a cabo conjuntamente, bajo la supervisión de UNESCO-PHI y con UICN como "socio local de implementación".

Con el propósito de alcanzar los objetivos del proyecto, la ejecución de este caso de estudio se dividió en tres etapas. La primera estuvo dedicada a la "Caracterización y diagnóstico" del acuífero, y se llevó a cabo durante los meses de julio a septiembre de 2014. Una segunda etapa de "Investigación especializada" fue realizada de diciembre de 2014 a abril de 2015 y la tercera etapa, de "Incidencia y fomento de diálogos" se llevó a cabo de septiembre a diciembre de 2015.

La etapa preliminar o introductoria (julio a septiembre 2014) se inició con la identificación, inventario y sistematización de toda la información disponible: esto incluyó aspectos sociales, ambientales, geológicos, climáticos, hidrogeológicos, cartográficos, de género, etc. y permitió obtener una caracterización y diagnóstico lo más completo posible, así como la identificación y análisis de las brechas y retos para lograr una buena gobernanza del agua en dicho acuífero.

Mediante este proceso se logró obtener, ordenar, analizar, priorizar y sistematizar toda la información disponible para el denominado acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (Figura 1.1) y derivado de ello se obtuvo una identificación de los vacíos de información. Esto permitió la definición de los estudios que se realizaron en las siguientes fases del caso de estudio. De aquí en adelante, salvo mención específica, el "proyecto" se refiere al "caso de estudio".

Figura 1.1 | Primera delimitación Acuífero Trifinio



Fuente: UNESCO 2007. Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas. Evaluación preliminar. PHI-VI, Serie ISARM Américas No. 1.

Durante la segunda etapa del proyecto (diciembre 2014 a abril 2015) se realizaron estudios especializados en hidrogeología y geofísica para determinar la geometría del denominado acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá y su modelo conceptual, o sea su delineación y la determinación del flujo de las aguas subterráneas. Con el propósito de identificar las zonas acuíferas de la región, importantes esfuerzos fueron dedicados a la realización de una campaña de geofísica que incluyó 23 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) distribuidos en el Valle de Esquipulas y el Valle de Ocotepeque. Este estudio ha puesto de manifiesto que lo que originalmente se suponía que era un único acuífero (denominado Esquipulas-Ocotepeque-Citalá) está, en realidad, compuesto por dos acuíferos en

el fondo del valle de la cuenca alta del Río Lempa. Uno se encuentra en el Valle de Esquipulas (Guatemala) y el otro en el Valle de Ocotepeque-Citalá (El Salvador-Honduras), separados por un alto tectónico reciente¹ que interrumpe la continuidad hidráulica entre los dos acuíferos (Figura 1.2). No obstante, los dos acuíferos están conectados por el río Lempa e interactúan con este.

Figura 1.2 | Ubicación Acuífero Esquipulas y Acuífero Ocotepeque-Citalá



Durante la tercera y última etapa del proyecto (septiembre a diciembre 2015) se trató de complementar la información necesaria para obtener los indicadores destinados a caracterizar los acuíferos, que son parte de una metodología específica del proyecto GGRETA. También se concluyó con los procesos de fortalecimiento y creación de capacidades del personal técnico del Plan Trifinio² en la utilización de herramientas tecnológicas por medio de sistemas de información geográfica (SIG) y especialmente con las actividades de seguimiento para lograr la vinculación del SIG ya existente en el Plan Trifinio con el SIG del proyecto GGRETA.

En esta tercera etapa se realizaron esfuerzos para dar a conocer la información sobre las características principales de los acuíferos Esquipulas (Guatemala) y Ocotepeque-Citalá (El Salvador-Honduras) en las diferentes plataformas de actores estratégicos en el área del Trifinio. El objetivo de dichos esfuerzos era resaltar la importancia de crear estrategias de manejo integral y sostenible del recurso hídrico subterráneo para asegurar y garantizar en el futuro la provisión de agua en la zona.

Cabe resaltar que un aspecto que estuvo presente en todas las etapas fue la promoción de la aplicación del enfoque de género, no sólo en este caso de estudio, sino en todos los proyectos y programas que se desarrollen en el área de estudio. Las actividades de este componente incluyeron el diseño de una estrategia y sus respectivos indicadores por medio de los cuales se podría medir el

1. Levantamiento de rocas más profundas de más edad por efecto de fuerzas tectónicas o isotónicas

2. El « Plan Trifinio » se refiere al Tratado trinacional de 1997 y a las instituciones ejecutivas y técnicas asociadas que tienen como función implementar el tratado.

avance de la temática en el área de influencia de los acuíferos. Esta estrategia fue desarrollada en base a los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico.

Durante la tercera etapa, las actividades relacionadas con la aplicación del enfoque de género se centraron principalmente en el fortalecimiento de las capacidades del personal técnico de las municipalidades en el área de los acuíferos, tanto de las Oficinas Municipales de la Mujer (OMMs) como de las Oficinas Municipales Ambientales (OMAs) y en la identificación y sistematización de casos exitosos sobre el tema. También se trabajó en el fortalecimiento de la red de OMMs y, a través de la creación de canales de comunicación y difusión y socialización de sus actividades por medio de las redes sociales.

1.3. Proyecto caso piloto acuífero Trifinio

1.3.1. ACTORES INVOLUCRADOS E INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

La supervisión general de las actividades del caso de estudio, a nivel estratégico y técnico, estuvo a cargo de UNESCO-PHI (Cuadro 1.1). Para componentes o actividades específicos del proyecto, UNESCO-PHI contrató a expertos internacionales.

El Centro Internacional de Evaluación de Aguas Subterráneas de la UNESCO (*International Groundwater Resources Assessment Centre – IGRAC* por sus siglas en inglés) situado en Delft, Países Bajos, tuvo a su cargo la coordinación de la ejecución del componente “Sistemas de Gestión de Información”.

Expertos de UNESCO-PHI e IGRAC, así como los expertos internacionales, emprendieron misiones técnicas o de formación, según el caso, durante las diferentes etapas.

Para poder llevar a cabo las diferentes actividades del proyecto en la región, UICN tuvo a su cargo la conformación y coordinación de un equipo local que asegurara el trabajo de los distintos componentes (Cuadro 1.2). A tales efectos, UICN contrató a un grupo de consultores especialistas en distintos temas, con los cuales se conformó el equipo de trabajo multidisciplinario, trinacional y con enfoque de género, quedando definido de la siguiente forma. El equipo de consultores tuvo a su cargo la recopilación, revisión y análisis de toda la información generada y que estuviera disponible sobre la temática del estudio; además realizó diversas actividades de generación de nueva información, formación de capacidades locales, difusión y divulgación de los resultados obtenidos en cada etapa.

Cuadro 1.1 | Conformación del Equipo de Supervisión y Coordinación del proyecto

NOMBRE	CARGO	INSTITUCIÓN
Alice Aureli	Jefa de la Sección de Aguas Subterráneas, Responsable del Proyecto	UNESCO-PHI
Andrea Merla	Consultor Senior, Supervisión Proyecto	UNESCO-PHI
Marina Rubio	Consultora, Coordinación Caso de Estudio	UNESCO-PHI
Tales Carvalho Resende	Consultor, Asesor técnico	UNESCO-PHI
Stefano Burchi	Consultor Senior, Asuntos legales	UNESCO-PHI
Daniela B. van Dalen	Investigadora, Coordinación IMS	IGRAC

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 1.2 | Conformación del Equipo consultor (última etapa de ejecución)

NOMBRE	CARGO	PAIS
Rocío Córdoba	Coordinadora Unidad de Medios de Vida y Cambio Climático ORMACC	Costa Rica
Carlos Rosal	Oficial Regional Unidad de Medios de Vida y Cambio Climático ORMACC (Responsable del Proyecto)	Guatemala
Ana Patricia Alvarado	Coordinadora Equipo Consultor	Guatemala
Julio Taracena	Especialista en Hidrogeología	Guatemala
Guadalupe Osegueda	Especialista en Género	El Salvador
Luis Guifarro	Especialista en SIG	Honduras
Josué García	Especialista Jr. en SIG	Honduras
Siomara Barrera	Programa de EPS Geología	Guatemala
Luis López	Especialista en Gobernanza y Coordinación Interinstitucional	Guatemala

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los actores en la zona (Cuadro 1.3), la Comisión Trinacional Plan Trifinio (CTPT) fue el principal socio. Dicha institución, durante más de 25 años, ha desarrollado una estrategia de gestión del ambiente, los recursos naturales y del territorio, con el fin de mejorar las condiciones de vida de las comunidades fronterizas.

Otro actor clave para el desarrollo del proyecto fue la Mancomunidad Trinacional del Río Lempa, la cual nació en Guatemala y llevó a cabo un proceso de planeación estratégica territorial trinacional (1998-2003), estableciendo los primeros pasos para articular a los actores locales en relación a una agenda multi-país, multinivel y pluri-actoral.

Además se contó con el apoyo de las Municipalidades ubicadas en el área de estudio (Olopa y Esquipulas en Guatemala, Santa Fe, Concepción, Sinuapa y Nueva Ocotepeque en Honduras y San Ignacio, Citalá y La Palma en El Salvador), a través de la participación de las Oficinas Municipales de la Mujer y las Oficinas municipales de Ambiente.

También han sido actores claves los Ministerios de Relaciones Exteriores de cada país involucrados en el caso de estudio (Guatemala, El Salvador y Honduras), las instituciones de cada país vinculadas con el tema de la gestión de las aguas subterráneas y las universidades de Guatemala y El Salvador principalmente.

Cuadro 1.3 | Mapa de Actores involucrados en el desarrollo del Proyecto

TIPO DE ACTOR	PAIS		
	GUATEMALA	EL SALVADOR	HONDURAS
Gobierno Nacional	Comisión Trinacional Plan Trifinio (CTPT)		
	Vicepresidencia de Guatemala	Vicepresidencia de El Salvador	Vicepresidencia de Honduras
	Equipo Técnico Investigador Trinacional		
	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	Observatorio Ambiental Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	Secretaría de recursos Naturales y Ambiente
	Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación	Ministerio de Agricultura y Ganadería	Secretaría de Agricultura y Ganadería
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Unidades de Salud	Secretaría de Salud
		Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)	Instituto de Conservación Forestal
	Ministerio de Relaciones Exteriores Instituto Nacional de Bosques Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	Comision Ejecutiva Hidroelectrica del Rio Lempa	Empresa Nacional de Energia Electrica (ENEE)
Gobierno Local	Mancomunidad Transfronteriza Trinacional del Río Lempa		
	Municipalidad de Esquipulas	Municipalidad de Citalá	Municipalidad de Sinuapa
	Municipalidad de Olopa	Municipalidad de San Ignacio	Municipalidad de Santa Fe
	Consejo Comunitarios de Desarrollo (COCODES)	Municipalidad de La Palma	Municipalidad de Nueva Ocotepeque
	Comités comunales de Agua Potable	Juntas de Agua	Municipalidad de Concepción
		Asociaciones de desarrollo Comunitario (ADESCOS)	Asociaciones de desarrollo Comunitario (ADESCOS)
		Mancomunidad de Cayaguanca	Mancomunidad de Comités de Agua Potable comunitarios
Sociedad Civil y Sector Privado	ANACAFÉ	Asociación Agropecuaria de Citalá	Cámara de Comercio
	Asociación de Ganaderos de Esquipulas	Micro Empresas de Mujeres	Asociación agropecuaria de Citalá
	Asociación de Mujeres Ixpiyakok (ADEMI)	Asociación Agropecuaria Apícola Monte Tabor Caballero	Jóvenes sin Frontera
	Asociación del Trifinio para el Desarrollo sostenible ATRIDEST	Asociación Cooperativa de Producción de Servicios Múltiples y Productores Orgánicos	Grupo de Mujeres Chortí un Nuevo Amanecer
		Asociación Agropecuaria de la Palma	Cooperativa Mixta Ocotepeque Ltda.
	Asociación de Desarrollo Comunitario, Granero de Oriente ADEGO	Cooperativa de Cafetales COOPALMA	Asociación de la Micro y Pequeña empresa de Ocotepeque
	Cooperativa Integral Trifinio	Asociación de Ganaderos El Pinar	Asociación de Ganaderos y Agricultores de Olancho
		Asociación de Regantes El Rosario	
		Asociación de Cooperativas Agropecuarias de Hortaliceros El Rosario	
		Asociación Comunal de Agromercadeo Servicios turísticos y Ambientales.	
		Asociación de Mujeres Unidas por la Paz	
		Asociación de Regantes Las Aradas	
		Asociación de Regantes El Carmen	
	Asociación de Productores de Palillos de San Ignacio		

TIPO DE ACTOR	PAIS		
	GUATEMALA	EL SALVADOR	HONDURAS
Proyectos y Programas	Bosques y Agua GIZ		
	PROTUR		
	Bosques y Cuencas KWF		
	Proyecto MAP CATIE		
	Proyecto Agua como Bien Público Regional GIZ		
	Proyecto Innovación de Cadenas de Valores Especiales CATIE		
	Programa de Cafés especiales PROTCAFÉ		
	Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible de Zonas de Fragilidad en la Región del Trifinio (PRODERT)		
Organismos Internacionales y ONGs	Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional PRESANCA		Proyecto Vida Mejor de la Gobernación de Honduras
	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)		
	ISARM/Puntos focales		
	UICN		
	Heifer	Plan Internacional	USAID-ACCESS

Fuente: López L. 2015. Informe Final Consultoría Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN.

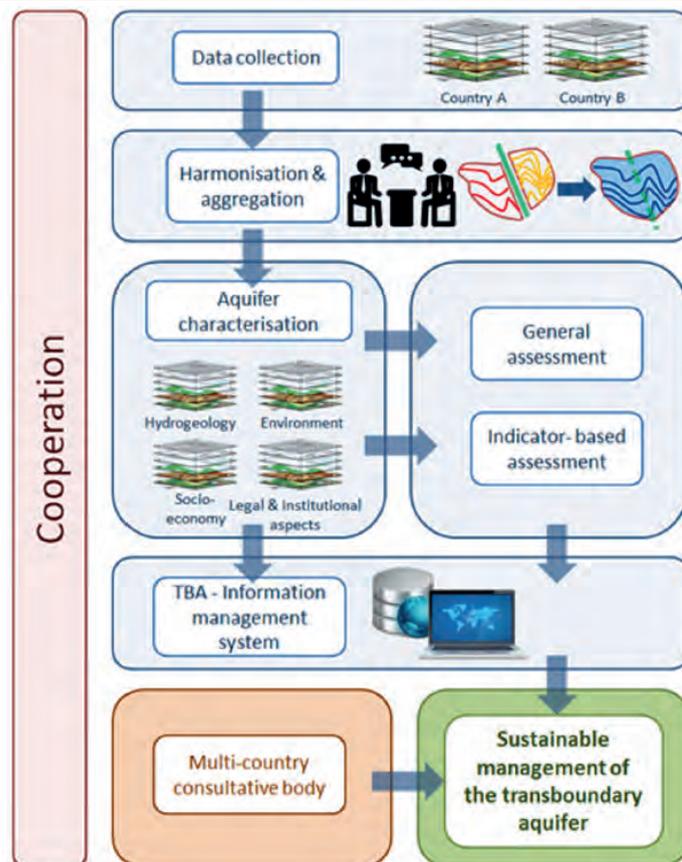
1.3.2. ENFOQUE DEL PROYECTO

El enfoque central del proyecto consistió en realizar una evaluación multidisciplinaria del área en la que están ubicados los acuíferos Esquipulas (Guatemala) y Ocotepeque-Citalá (El Salvador y Honduras) considerando las características hidrológicas, hidrogeológicas, climáticas, etc., así como aspectos sociales, económicos, ambientales, legales e institucionales, además de la inclusión del enfoque de género.

El proyecto centró sus esfuerzos en lograr una completa caracterización de los acuíferos. Para ello se llevó a cabo un importante trabajo de compilación y armonización de la información proveniente de los tres países y de diferentes fuentes. Posteriormente, se recurrió a la consideración de los indicadores propuestos por la metodología UNESCO-PHI para caracterizar los acuíferos. Ello permitió realizar una evaluación sistemática de la información recopilada y generada en la zona y de esa forma se estableció para cuáles indicadores se podrían obtener valores y para cuáles no. Esta etapa permitió que se obtuviera una matriz de vacíos de información que sirvió de base para definir y priorizar las actividades a realizar y así generar la información faltante. Para realizar estas actividades el equipo consultor contó con el apoyo de los expertos de UICN y UNESCO-PHI en cada una de las etapas y temáticas a evaluar, así como del IGRAC.

El proceso previsto por el proyecto GGRETA se describe en la Figura 1.3; el caso de estudio Trifinio ha seguido las etapas y contribuido a crear condiciones favorables para la cooperación en el área.

Figura 1.3 | Etapas seguidas en el Caso de Estudio Trifinio (etapas del proyecto GGRETA)



1.3.3. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME

El enfoque metodológico para la elaboración del informe de la evaluación multidisciplinar la de los acuíferos Esquipulas (Guatemala) y Ocotepeque-Citalá (El Salvador y Honduras) consistió en cinco etapas:

- a.** Revisión y valoración por el equipo -consultor y el coordinador del proyecto de los resultados finales de la colección, análisis y armonización de la información proveniente de los tres países (Guatemala, Honduras y El Salvador) con énfasis en la tabla de indicadores y la definición de vacíos de información;
- b.** Presentación de los resultados finales al equipo trinacional de investigación en aguas subterráneas³ de los tres países y retroalimentación de ellos sobre el modelo conceptual de los acuíferos y los aspectos clave de la caracterización y diagnóstico;
- c.** Revisión, análisis, conversión y ajustes a la información del sistema de gestión de información (*Information Management System – IMS* por sus siglas en inglés) sobre los acuíferos;
- d.** Integración de los informes individuales de los consultores y de las observaciones del equipo trinacional de investigación en aguas subterráneas de los tres países en un formato único;
- e.** Revisión del informe final integrado por expertos independientes.

3. Referencia a un grupo de expertos en aguas subterráneas de diversas instituciones de los tres países, que actúa como asesor informal del Plan Trifinio.





Capítulo 2.

El área de estudio

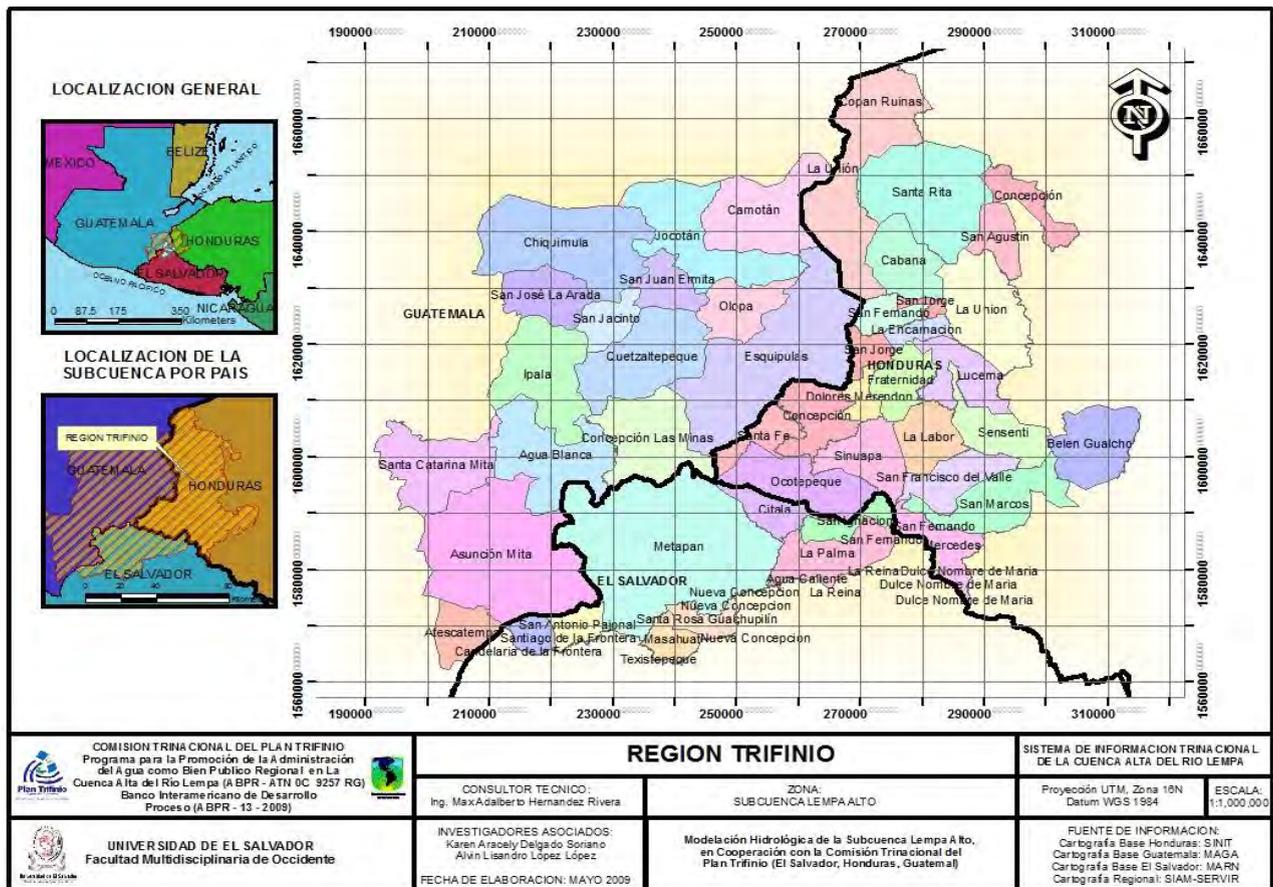
2.1. Antecedentes históricos del área

Durante más de 25 años las naciones Centroamericanas de El Salvador, Guatemala y Honduras se han unido en la región del Trifinio para llevar a cabo un esfuerzo de cooperación transfronteriza⁴ que busca desarrollar un proceso de gestión del ambiente y del territorio, con el fin de mejorar las condiciones de vida de las comunidades fronterizas. Por esta razón los Gobiernos de los tres países han tratado de impulsar “la integración en la región, formalizada en el Tratado para la Ejecución del Plan Trifinio, orientado a cooperar en la resolución de problemas comunes y a promover el desarrollo sostenible”.

La Región Trifinio (Figura 2.1) está ubicada entre los 88°45’ y 89°50’ de longitud oeste y entre los 14°05’ y 15°12’ de latitud norte y tiene una extensión aproximada de 7,384 kilómetros cuadrados, de los cuales corresponden el 46.5% a Guatemala, el 15.6% a El Salvador y el 37.9% a Honduras (SIT-CARL, 2008). La región está constituida por 45 municipios: 8 pertenecientes a El Salvador, 22 a Honduras y 15 a Guatemala, ubicados alrededor del bosque nublado del macizo de Montecristo, en cuya cima se ubica el punto denominado “Trifinio”, lugar donde confluyen las fronteras de estos tres países centroamericanos.

Figura 2.1 | Ubicación general de la Región Trifinio en América Central

26



Fuente: López y Soriano (2009).

4. Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa. 2012, Tercer Informe Plan Estratégico de Desarrollo Estratégico territorial Trinacional.

Las intervenciones de la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) están amparadas en el marco de un Tratado Trinacional, suscrito en 1997, que reconoce a la Comisión Trinacional, conformada por los Vicepresidentes de El Salvador y Guatemala y un Designado Presidencial de Honduras, como el ente encargado de tutelar la ejecución del Plan Trifinio y de su permanente actualización con autonomía administrativa, financiera y técnica y personalidad jurídica propia.

Esta es una experiencia interesante en América Central, donde tres países con apoyo de cooperantes internacionales invierten en el desarrollo sostenible de área trinacional considerada como "indivisible". En este contexto, los desafíos compartidos tienen que ver con la gestión ambiental (hídrica y de biodiversidad) de una zona estratégica para la región y con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, ya que la Región Trifinio presenta los indicadores más altos de pobreza, analfabetismo y deficiente acceso a servicios básicos de Centroamérica. Esta región es considerada estratégica por la riqueza de los recursos naturales (tales como recursos hídricos y diversidad biológica de los ecosistemas) que en ella existen y se distingue por ser parte relevante de uno los sistemas hídricos más importantes de América Central, ya que la región abarca tres cuencas: la cuenca nacional del Río Ulúa en Honduras (15,5%), la cuenca binacional del río Motagua (38,9%) (entre Honduras y Guatemala), y la cuenca Trinacional del Río Lempa (45,6%) (SIT-CARL, 2008) (Figura 2.2).

Figura 2.2 | Ubicación de cuencas y subcuencas de la región del Trifinio



La Cuenca del río Lempa tiene una extensión territorial de 17.919 kilómetros cuadrados de los cuales 55,1% corresponden a El Salvador, 30,6% a Honduras y 14,3% a Guatemala (SIT-CARL, 2008). El río Lempa se origina entre las montañas volcánicas de las mesetas centrales en el municipio de Olopa del departamento de Chiquimula, en Guatemala, a una elevación aproximada de 1.500 msnm. Cruza por el departamento de Ocotepeque en Honduras y luego ingresa a El Salvador por el municipio de Citalá del departamento de Chalatenango, y desemboca en la planicie costera del océano Pacífico, entre los departamentos de San Vicente y Usulután, en El Salvador. La elevación máxima de la cuenca es 2.805 msnm que se alcanza en las montañas de Honduras (López y Soriano, 2009). También se conocen tres grandes zonas de la cuenca, la cuenca Alta (47,1% de la Región Trifinio y 24,2% de la Cuenca del río Lempa) (Figura 2.3), la cuenca Media, y la cuenca Baja o Bajo Lempa. El territorio de

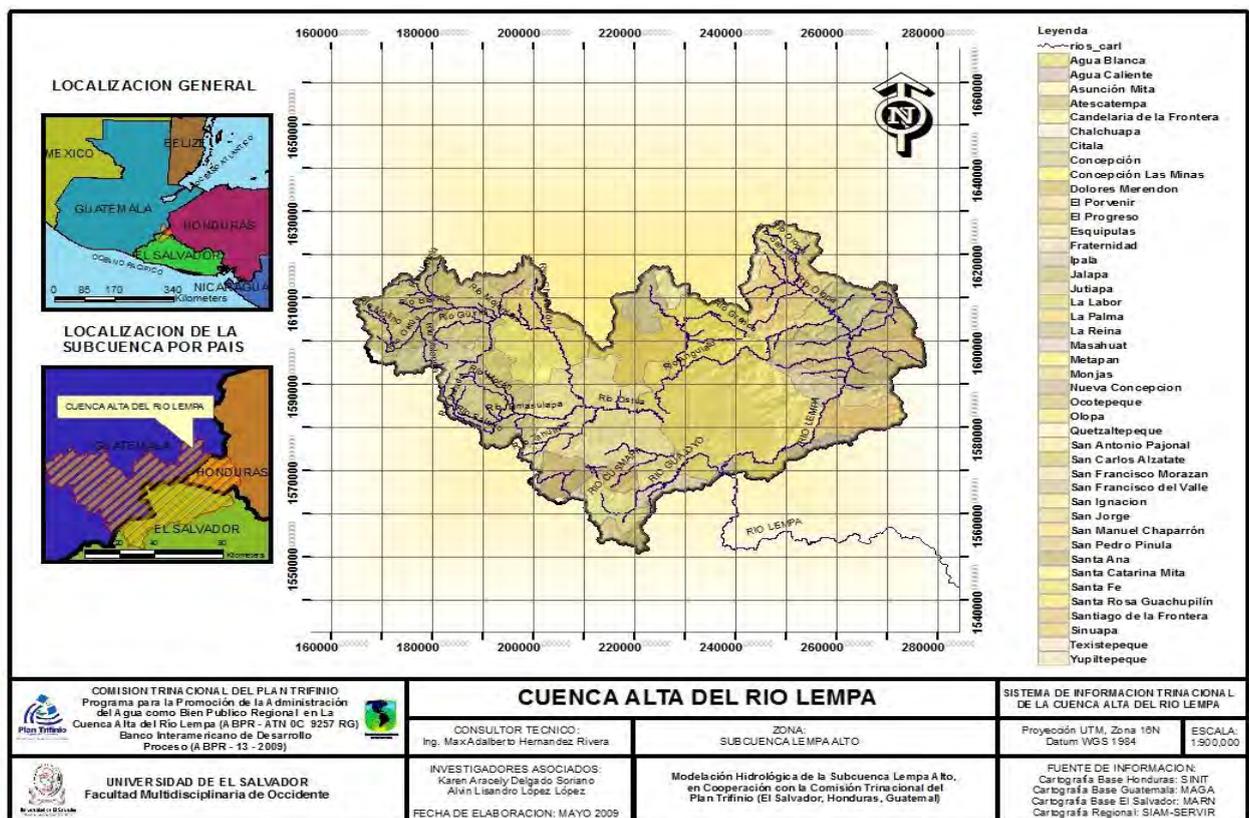
la Cuenca Alta del río Lempa tiene una extensión de 4.343 kilómetros cuadrados, de los cuales 29,5% corresponden a El Salvador, 11,6% a Honduras y 58,9% a Guatemala (SIT-CARL, 2008).

Durante los años 2006-2012 se ejecutó en la zona el proyecto “Desarrollo Sostenible del Medio Ambiente y Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa”, el cual fue financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a través del Proyecto RLA 8038. Con este proyecto se desarrollaron las siguientes actividades⁵:

- Elaboración de mapa geológico homologado con los tres países para la Cuenca Alta del río Lempa;
- Inventario de pozos, manantiales, ríos y lagos;
- Análisis físico-químico de pozos, manantiales, ríos y lagos;
- Aforo de ríos y manantiales;
- Análisis de isótopos oxígeno 18, deuterio y tritio;
- Pruebas de geofísica;
- Elaboración mapa hidrogeológico;
- Elaboración del modelo conceptual hidrogeológico preliminar;
- Integración de los datos generados en un sistema de información geográfica.

Este proyecto generó información de suma importancia para la zona del Trifinio en cuanto al tema del agua subterránea, no contándose aun con el documento final que integre la información generada ya que está en proceso de elaboración; por el momento sólo se tiene un informe borrador.

Figura 2.3 | Ubicación general de la Cuenca Alta del río Lempa



Fuente: López y Soriano (2009).

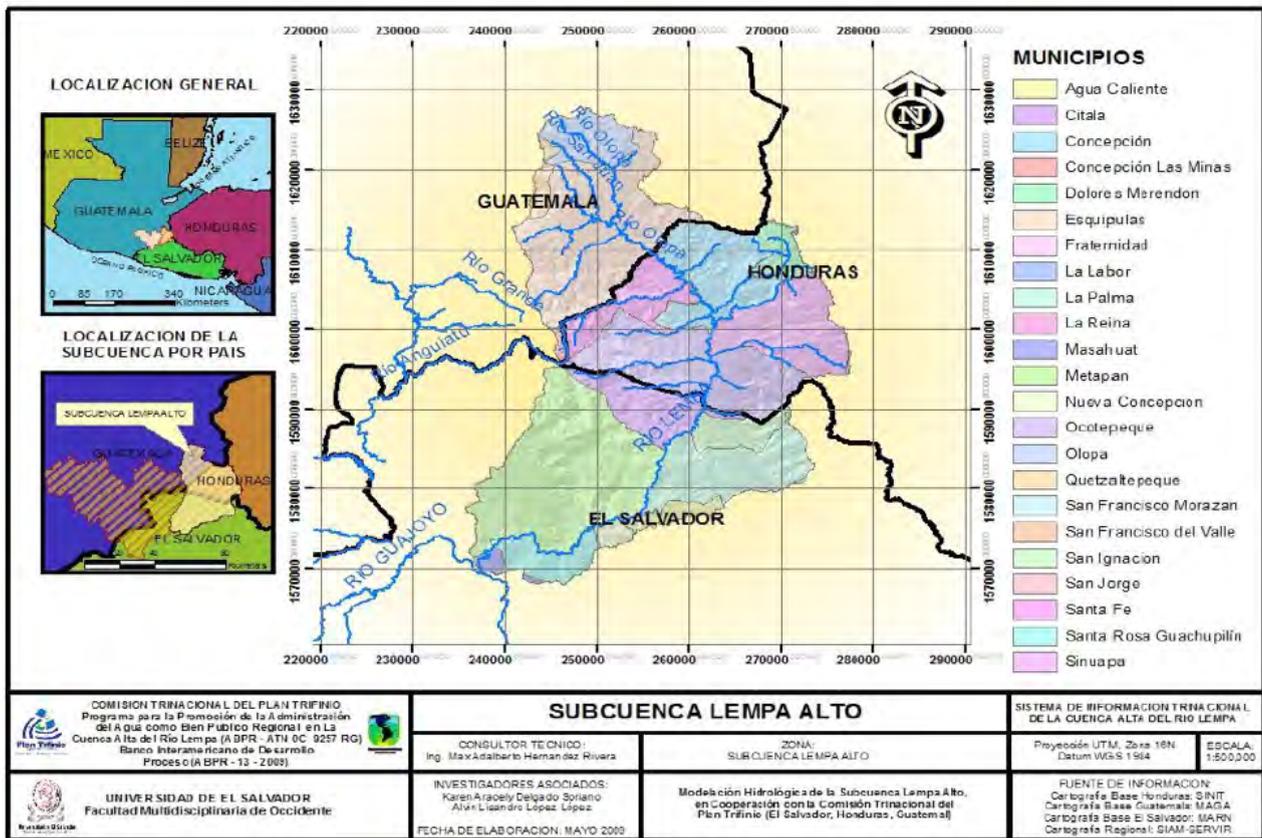
5. Organismo Internacional de Energía Atómica. 2009 Desarrollo Sostenible del Medio Ambiente y los Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa informe final (primer borrador)

2.2. Información general sobre área de estudio

2.2.1. UBICACIÓN

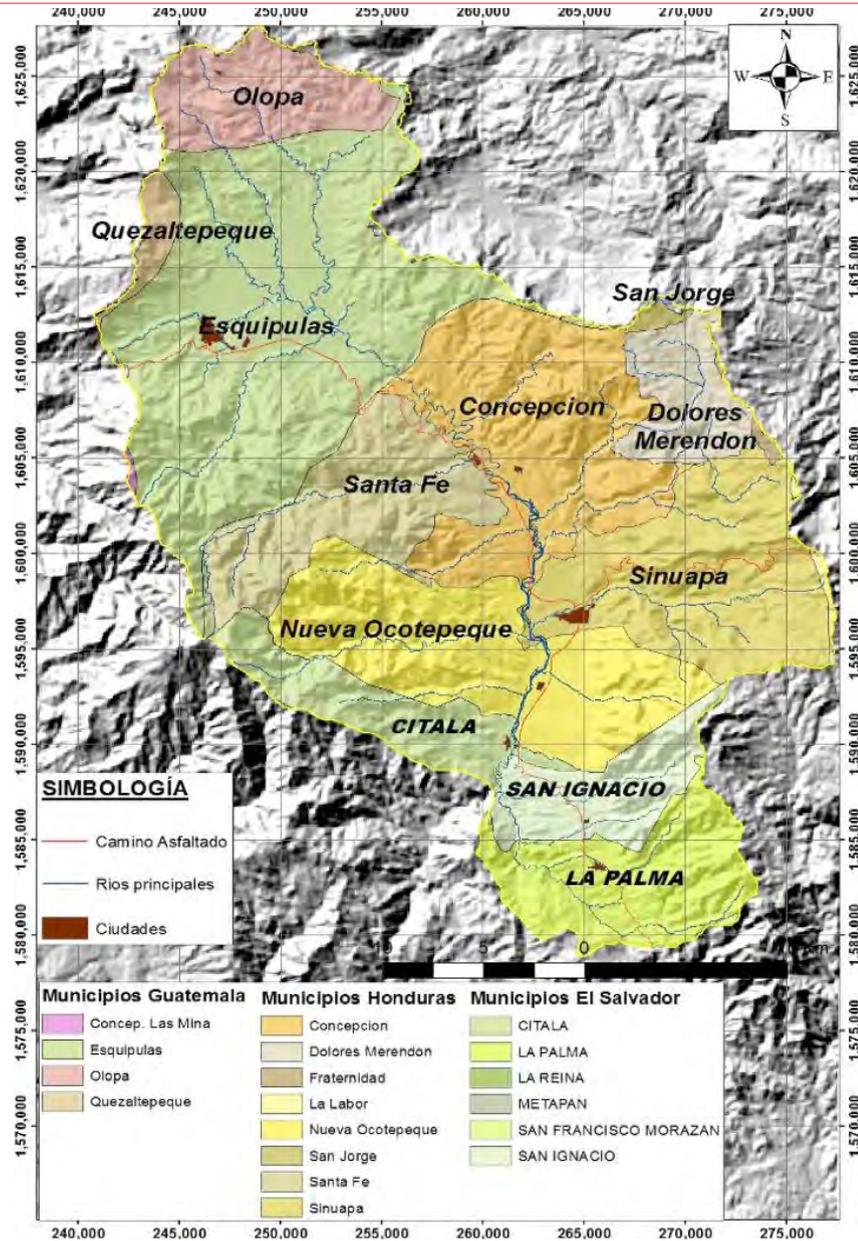
El acuífero Esquipulas se encuentra ubicado en los Municipios de Olopa y Esquipulas en Guatemala, mientras que el acuífero Ocotepeque-Citalá abarca los Municipios de Santa Fe, Concepción, Sinuapa y Ocotepeque en Honduras y Citalá, La Palma y San Ignacio en El Salvador. Ambos acuíferos están ubicados en una de las dos grandes áreas de drenaje de la Cuenca Alta del río Lempa: comúnmente conocida “Río Lempa Alto” o Subcuenca Lempa Alto (Figuras 2.4 y 2.5).

Figura 2.4 | Ubicación general de la Subcuenca Lempa Alto



Fuente: López y Soriano (2009).

Figura 2.5 | Zona de ubicación de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá por jurisdicción municipal en la Subcuenca Lempa Alto



2.2.2. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE

El área de los acuíferos está influenciada por la fisiografía regional en la Región Trifinio. Las partes bajas tienen altitudes medias de 800 msnm y conforman los Valles de Ocotepeque y Esquipulas. Las elevaciones más sobresalientes son el Cerro Montecristo con 2.418 msnm y La Montaña de Guisayote con 2.310 msnm (Figura 2.6).

El Cerro Montecristo conforma la parte más alta de relieve y zona de recarga hídrica en la cuenca del Río Lempa, una zona fundamental para las poblaciones y asentamientos de los municipios fronterizos y en general de la Región Trifinio.

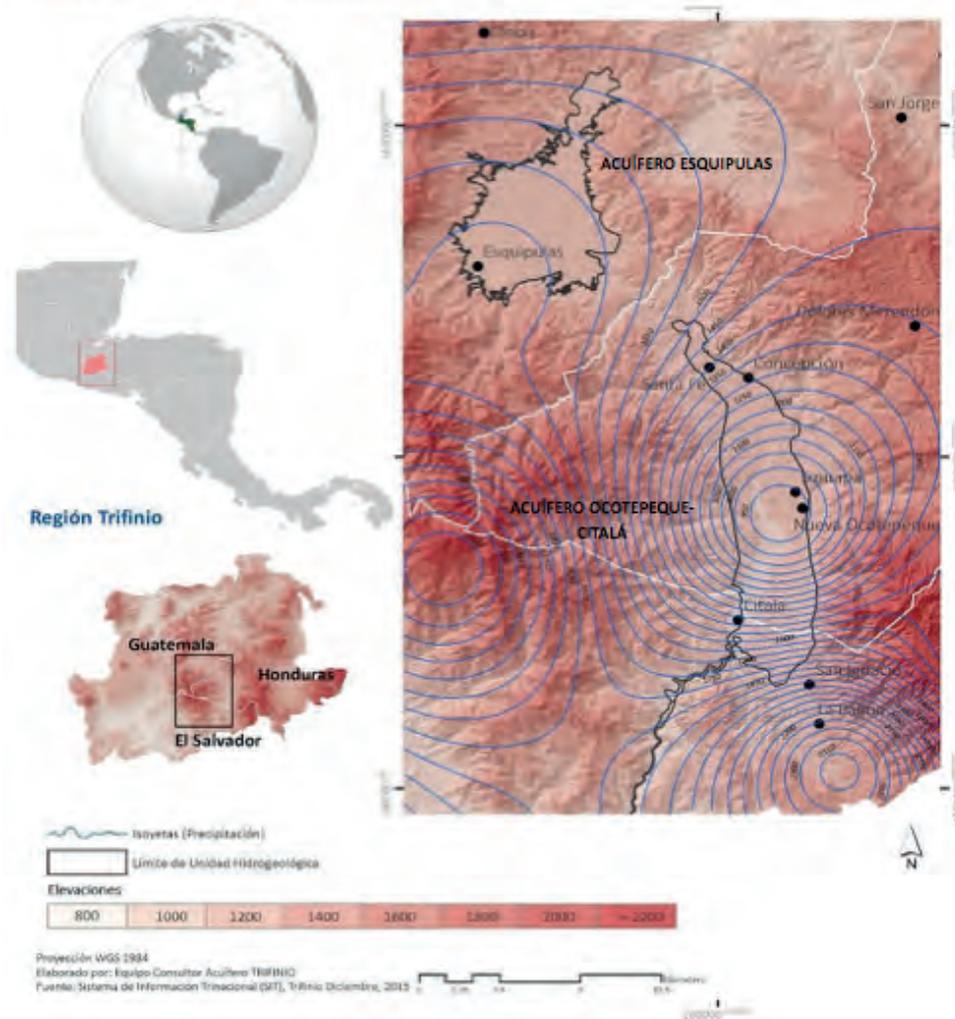
2.3. Variables climáticas

Los tipos de clima en la zona de ubicación general de los acuíferos Esquipulas y Ocoatepeque-Citalá se clasifican en tres categorías. En las tierras bajas predomina el clima cálido húmedo; en los pies de montaña es el semicálido húmedo (que prevalece en la mayor parte de la Región Trifinio); y en las partes altas de los macizos montañosos de Cerro Montecristo y Montaña de Guisayote el clima es semicálido muy húmedo.

2.3.1. PRECIPITACIÓN

Los registros de las medias mensuales y anuales de precipitación en la serie de los últimos veinte años oscilan entre 909 mm como los registros anuales más bajos y 2.369 mm en las medias anuales más altas, considerando toda la Región Trifinio. En la zona de influencia de los acuíferos, las precipitaciones oscilan entre los 1.300 y los 2.100 mm en los Valles de Ocoatepeque y Esquipulas (Figura 2.6).

Figura 2.6 | Relieve y precipitación promedio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocoatepeque-Citalá



Fuente: Guífarro, L. Informe final consultoría SIG, Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN/UNESCO.

2.3.2. TEMPERATURA

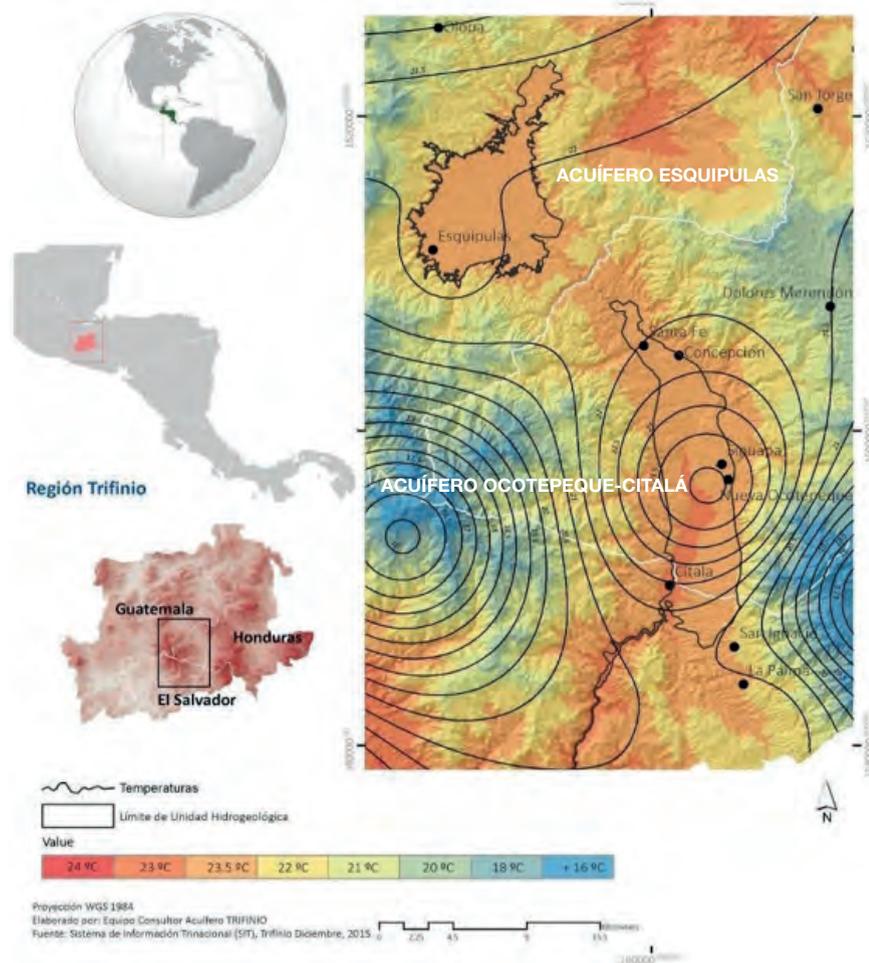
La temperatura promedio en la Subcuenca Alto Lempa es muy variable debido a la altitud y orientación de las cordilleras montañosas, como también de la dirección predominante de los vientos, lo cual contribuye a la conformación de microclimas característicos en esa parte de la Región del Trifinio (Figura 2.7).

Cuadro 2.1 | Temperaturas promedio mensuales y anuales en el área de la Subcuenca Alto Lempa

Estación Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Esquipulas	20,4	21,2	22,8	24,0	23,7	23,0	22,7	22,7	22,4	21,9	20,4	19,7	22,0
Montecristo	14,4	14,9	16,3	17,2	17,3	16,8	16,9	16,9	16,4	15,9	15,3	14,4	16,1
La Palma	19,6	20,4	21,8	22,7	22,5	21,6	21,6	21,5	21,1	20,9	20,3	19,7	21,1
Ocotepeque	22,4	23,1	25,2	26,1	25,5	24,8	24,4	25,1	24,3	23,8	22,7	22,1	24,1

Fuente: INSIVUMEH, 2015 Informe Climático Zona Trifinio.

Figura 2.7 | Temperaturas promedio anuales en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



Fuente: Guifarro, L. Informe final consultoría SIG, Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN/UNESCO.

2.3.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN

A. Evapotranspiración potencial (mm)

En la cuenca hidrográfica del río Lempa la evapotranspiración potencial puede presentar valores con relativa variabilidad debido a la morfología de la zona y en algunos casos con marcadas diferencias en los volúmenes de vapor de agua por el efecto e influencia de varios factores entre los que pueden mencionarse los siguientes:

- Radiación solar.
- Temperaturas altas.
- Presencia de vientos fuertes.
- Disponibilidad de bajo porcentaje de humedad relativa en el ambiente
- Alta disponibilidad de humedad en el suelo

En la Subcuenca Alto Lempa, a excepción de Citalá y Ocotepeque (1.850 mm) se han registrado valores intermedios de evapotranspiración potencial en el Valle de Esquipulas (1.657 mm), Zona de La Palma (1.575 mm); mientras que los valores más bajos fueron registrados en las Montañas del Macizo de Montecristo (1.297 mm)

Cuadro 2.2 | Valores de evapotranspiración potencial promedio mensual y promedio anual en la Subcuenca Alto Lempa

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL PROMEDIO MENSUAL (mm)												ETP PROMEDIO ANUAL (mm)
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Esquipulas	113,6	122,1	162,1	167,1	168,4	146,7	151,7	149,7	135,3	128,4	108,4	104,3	1657,7
Montecristo	92,1	95,8	125,1	128,3	125,7	109,2	123,5	120,8	100,9	99,4	89,5	86,8	1297,1
La Palma	114,3	119,9	152,1	157,4	153,9	131,5	142,2	141,0	121,9	122,0	110,0	108,6	1575,1
Ocotepeque	125,1	132,6	180,8	187,1	189,6	167,7	165,4	167,0	144,3	145,9	124,9	120,1	1850,4

Fuente: Samayoa F. 2015. Informe Final consultoría Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN.

B. Evapotranspiración real promedio (mm)

En la Subcuenca Alto Lempa los volúmenes anuales más bajos de evapotranspiración real se localizan en: Montañas del Macizo de Montecristo (902 mm) y en la Zona de La Palma (970 mm); mientras que los volúmenes son mayores en Esquipulas (1023 mm) y en Nueva Ocotepeque (775 mm).

Cuadro 2.3 | Valores de evapotranspiración real promedio mensual y anual de la zona de estudio

Estación Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Esquipulas	6,0	6,1	10,8	54,6	166,8	146,7	151,7	149,7	135,3	128,4	45,1	22,3	1023,5
Montecristo	12,0	10,0	29,0	86,0	125,7	109,2	123,5	120,8	100,9	99,4	60,0	26,0	902,5
La Palma	4,0	6,0	27,0	66,0	153,9	131,5	142,2	141,0	121,9	122,0	49,0	6,0	970,5
Ocotepeque	0,9	5,1	9,9	43,2	140,3	167,7	165,4	167,0	144,3	132,2	22,1	7,1	1005,2

Fuente: Samayoa F. 2015. Informe Final consultoría Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN.

2.3.4. VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Indudablemente que la variabilidad y el cambio climático han tenido y tendrán un marcado efecto sobre los procesos de precipitación pluvial, infiltración, percolación profunda y recarga de los acuíferos en la Región Trifinio. Este efecto es fácilmente observable en las laderas de muchas montañas de los valles de Esquipulas y Ocatepeque-Citalá y que son de los cuales brotan los nacimientos o manantiales que son la principal fuente de agua para consumo humano en muchas de las comunidades en la región del Trifinio.

En ese contexto es muy común el observar que año tras año las comunidades rurales han venido observando un comportamiento bastante inusual en la disponibilidad del agua de dichos nacimientos y manantiales e indican que la escasez de agua se ha venido acrecentando en la región, lo cual concuerda con la sensación de un aumento de la temperatura media ambiental o sensación de calor, la amplitud de los periodos de canículas (los cuales son cada más recurrentes), y una clara alteración en el patrón de lluvias en la zona. Esta situación ha quedado claramente evidenciada por las recurrentes pérdidas de las cosechas de secano (dependientes sólo de lluvias, sin irrigación). Al ampliarse los periodos secos o canículas, los cultivos no resisten las sequías y eso trae como consecuencia los graves problemas de hambrunas y desnutrición crónica, especialmente en niños menores de cinco años.

Lo anterior ha puesto de manifiesto una gran preocupación por parte de las comunidades rurales, que han recurrido a la excavación de pozos artesanales para obtener agua y así poder sobrevivir. La situación antes descrita también ha contribuido al incremento de la pobreza en el campo, a las migraciones y otro tipo de situaciones negativas. Por dichas razones las autoridades locales y los gobiernos nacionales se han visto en la necesidad de buscar solución a esa problemática.

Debido a su ubicación geográfica, la Región Trifinio está expuesta a riesgos hidroclimáticos, producto de la variabilidad del clima y el cambio climático global, lo cual produce diferentes desastres que acentúan las difíciles condiciones socioeconómicas y ambientales que prevalecen hoy día. Parte de esta región está en el denominado “corredor seco” que se caracteriza por la presencia de bosque tropical seco, un déficit hídrico aparente, altas temperaturas medias mensuales y poca capacidad de retención y almacenamiento del agua de lluvia situándose entre en una zona de vida premontano (0 a 800 msnm) de El Salvador, Guatemala, Honduras. En este corredor se observa una marcada y prolongada época seca (verano) mientras que en la época de lluvias (invierno) se presenta un recurrente riesgo a las sequías, las cuales son cíclicas y se relaciona estrechamente con el período El Niño Oscilación Sur (ENOS), caracterizado por una entrada tardía del invierno, una prolongación de la canícula o una suspensión prematura del invierno.

En los últimos 60 años se han observado alrededor de 10 eventos “Niño”, con duración variable de 12 a 36 meses y periodos de recurrencia impredecibles; parece que su frecuencia ha aumentado como resultado del cambio climático y del calentamiento global. (González, A. y Reiche, C. 2012).

Las sequías en Centroamérica que provocan pérdidas de cosechas son «sequías agrícolas», las cuales no se deben a la falta de precipitación ya que la mayor parte del territorio centroamericano recibe al menos 1000 mm de precipitación, sino a la poca capacidad de los territorios de retener el agua por la degradación de los suelos así como la pérdida de cobertura vegetal, provocando que ésta escurra a través de las corrientes superficiales.

Todo lo anterior pone de manifiesto que la variabilidad y el cambio climático global tienen y tendrán un claro efecto sobre el rendimiento hídrico de las cuencas, tanto las superficiales como las subterráneas. Ello significa que conforme se sigan destruyendo los bosques y los suelos, especialmente en las zonas de recarga hídrica, se perderá la capacidad de regulación hídrica, la posibilidad de lograr la infiltración y percolación profunda del agua y con ello la recarga de los acuíferos en la zona y las poblaciones recurrirán a extraer los recursos hídricos a tasas mayores que las de su recarga natural lo cual a largo plazo será un aprovechamiento no sostenible.

2.4. Unidades políticas administrativas y población

El acuífero Esquipulas abarca territorio de dos municipios en Guatemala (Olopa y Esquipulas), mientras que el acuífero el Ocotepeque-Citalá abarca cuatro municipios en Honduras (Concepción, Santa Fe, Sinuapa y Nueva Ocotepeque) y tres municipios en El Salvador (Citalá, San Ignacio y La Palma).

2.4.1. DATOS POBLACIONALES

Los datos poblacionales de los municipios ubicados en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá son los siguientes:

Cuadro 2.4 | Datos poblacionales en los municipios de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá

PAIS	MUNICIPIO	POBLACIÓN				TOTAL
		MUJERES		HOMBRES		
		CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	
Guatemala	Olopa	12.307	52	11.361	48	23.668
	Esquipulas	30.099	52	27.783	48	57.882
Honduras	Santa Fe	1.898	52	1.779	48	3.677
	Concepción	1.906	50	1.898	50	3.804
	Sinuapa	3.020	52	2.811	48	5.831
	Ocotepeque	8.315	53	7.353	47	15.668
El Salvador	Citalá	3.564	50	3.547	50	7.111
	San Ignacio	4.376	51	4.235	49	8.611
	La Palma	6.276	51	5.959	49	12.235
TOTAL		71.761	52	66.726	48	138.487

Fuente: Elaboración Propia con información recopilada en Municipalidades y Centros de Salud.

Como se puede observar, en todos los municipios la población femenina es mayor que la masculina, razón por la cual es aún más importante trabajar con enfoque de género en el área e involucrar tanto a mujeres como hombres en los trabajos de protección y buena gestión de las aguas subterráneas. Es interesante hacer notar que la población del área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá está conformada por un alto porcentaje de jóvenes y niños. El 25,8% de la población es menor de 7 años, otro 26,1% de la población tiene entre 7 y 17 años.

Ambos grupos (menores de 18 años) conforman el 51,9% del total de la población. La población mayor de 18 años y menor de 59 representa el 41,6% y solamente un 6,5% tiene más de 60 años. Del total de la población, 48,2% son hombres y 51,8% mujeres. La proporción de población masculina y femenina

cambia de acuerdo a las edades. En la población menor a 15 años la distribución es de 1,05 hombre por mujer; entre los 15 y los 64 años la distribución es de 0,89 hombre por mujer, mientras que en la población total la distribución es de 0,94 hombre por mujer. Estas distribuciones cambian debido a las diferentes tasas de mortalidad y migración que existen para hombres y mujeres en los diferentes rangos de edad⁶.

2.4.2. DENSIDAD POBLACIONAL

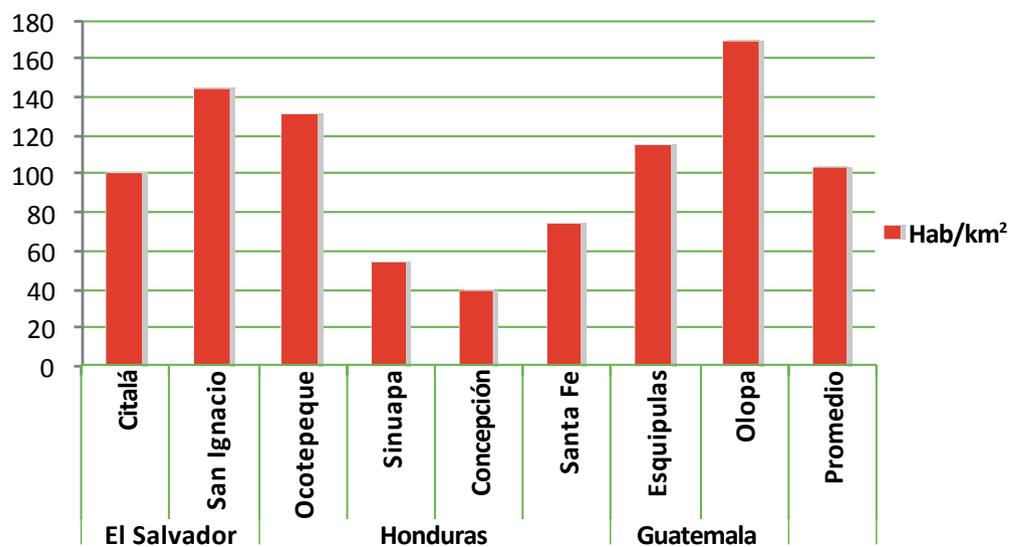
La densidad poblacional promedio es de 104 habitantes por kilómetro cuadrado (Cuadro 2.5 y Figura 2.8).

Cuadro 2.5 | Densidad poblacional por municipio del área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá

PAÍS	MUNICIPIO	Hab/Km ²
El Salvador	Citalá	100
	San Ignacio	145
Honduras	Ocotepeque	131
	Sinuapa	54
	Concepción	40
	Santa Fe	74
Guatemala	Esquipulas	116
	Olopa	170
	Acuífero	104

Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por los Centros de Salud del área de estudio.

Figura 2.8 | Densidad poblacional por municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por los Centros de Salud del área de estudio.

6. Estado de la Región Trifinio 2010 Datos socioeconómicos y ambientales de los municipios. GIZ Noviembre 2011.

2.4.3. TASA DE MORTALIDAD

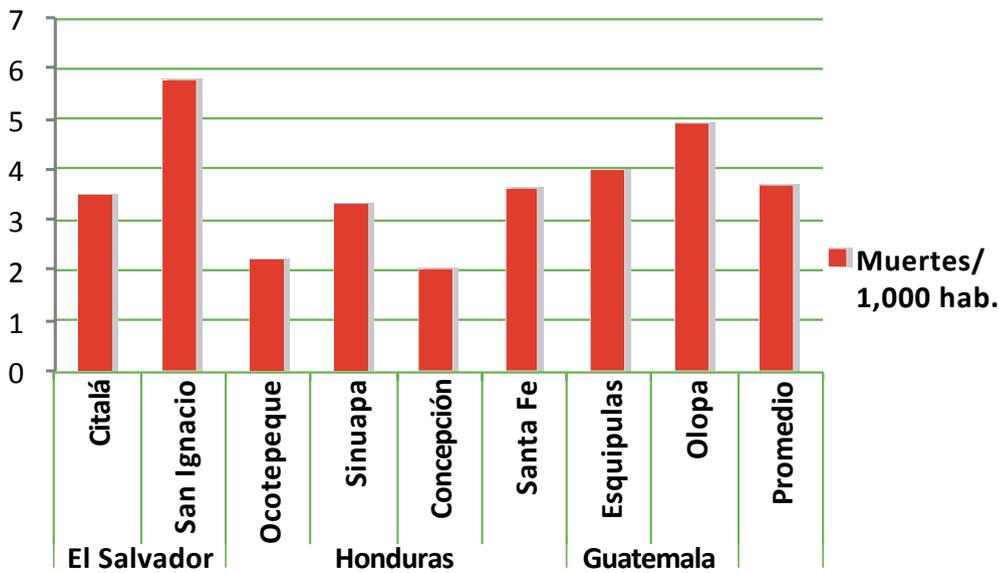
La tasa de mortalidad de la población en general del área de estudio es de 3,7 muertes por cada mil habitantes al año (Cuadro 2.6 y Figura 2.9).

Cuadro 2.6 | Tasa de mortalidad por municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá

PAÍS	MUNICIPIO	Muertes/1.000 hab.
El Salvador	Citalá	3,5
	San Ignacio	5,8
Honduras	Ocotepeque	2,2
	Sinuapa	3,3
	Concepción	2
	Santa Fe	4
Guatemala	Esquipulas	4,0
	Olopa	4,9
	Área Acuífero	3,7

Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por los Centros de Salud del área de estudio.

Figura 2.9 | Tasa de mortalidad por municipio en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados por los Centros de Salud del área de estudio.

2.5. Abastecimiento de agua y saneamiento

La mayor fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en el área de estudio son las aguas subterráneas que son extraídas directamente en nacimientos o manantiales (47,7%) o a través de pozos (17,4%) (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7 | Tipo y porcentaje de abastecimiento de agua para consumo humano en el área de estudio

TIPO DE ABSTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON COBERTURA
Aguas superficiales	34,9
Pozos	17,4
Nacimientos o manantiales	47,7

Fuente: Garcia J. Informe final consultoría Estudio de Caso Acuífero Trifinio, 2015.

Es importante notar que en los municipios ubicados en el área de estudio se cuenta con un porcentaje alto de cobertura de abastecimiento de agua domiciliar (83,6% para todos los tipos de abastecimiento) (Cuadro 2.8). Existe la posibilidad de lograr un 100% de cobertura ya que se cuentan con varias fuentes de agua superficiales pero la ubicación de estas es muy lejana a las comunidades o bien se encuentran en propiedades privadas por lo que no se tiene acceso a ellas.

El 16,4% de los hogares que no tienen acceso a un servicio de agua potable o entubada tienen que acarrear el agua de nacimientos, quebradas, pozos y llaves públicas. En su mayoría esta labor es realizada por mujeres y niños, con un estimado del 80% de participación de la mujer y un tiempo promedio de 40 minutos por viaje para obtener el agua. Cabe destacar que algunas comunidades sólo realizan esta actividad en la época seca ya que en el invierno, al aumentar los caudales las fuentes de abastecimiento, sí tienen acceso al agua domiciliar.

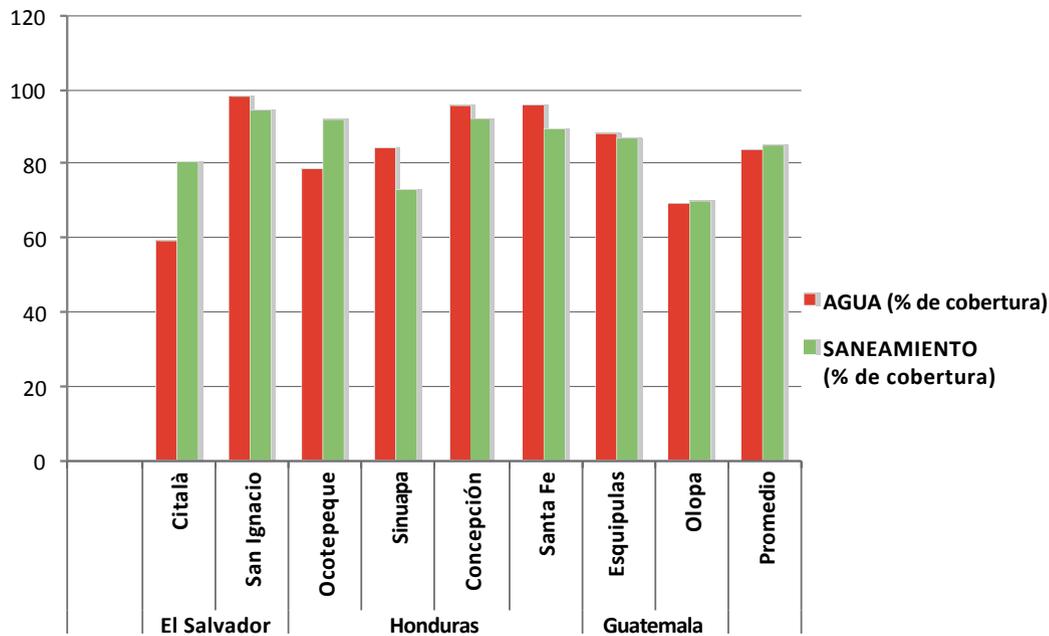
En cuanto a la cobertura promedio de saneamiento en el área de estudio es de 84,8%; si lo comparamos con el promedio general de la región Trifinio este porcentaje es alto, pero aún se tiene un 15,2% de los hogares que hacen sus necesidades fisiológicas al aire libre (Cuadro 2.8 y Figura 2.10).

Cuadro 2.8 | Porcentaje de cobertura de servicio de agua domiciliar y saneamiento ambiental en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá

PAÍS	MUNICIPIO	AGUA (% de cobertura)	SANEAMIENTO (% de cobertura)
El Salvador	Citalá	59	81
	San Ignacio	98	95
Honduras	Ocotepeque	79	92
	Sinuapa	85	73
	Concepción	96	92
	Santa Fe	96	89
Guatemala	Esquipulas	88	87
	Olopa	69	70
	Región Trifinio	84	85

Fuente: Garcia J. Informe final consultoría Estudio de Caso Acuífero Trifinio, 2015.

Figura 2.10 | Porcentaje de cobertura de agua domiciliar y saneamiento ambiental en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



Fuente: García J. Informe final consultoría Estudio de Caso Acuífero Trifinio, 2015.

2.6. Actividades económicas y uso de la tierra

2.6.1. ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La producción agropecuaria, así como las actividades artesanales y turísticas son las principales actividades económicas en el área de estudio. La producción agrícola es de pequeña escala; la mayoría de los productores cultivan un área inferior a 5 manzanas (1 manzana = 0,70 ha). En toda el área, incluyendo las zonas urbanas, se encuentran hogares que participan en el sector agropecuario. La mayoría de la producción se dedica a granos básicos y café. Para algunas familias rurales, el cultivo de hortalizas es una opción interesante porque los precios para hortalizas son altos y tienen acceso a mercados grandes, como San Salvador. Además, existen suelos adecuados y suficiente agua para el cultivo de hortalizas (GIZ 2011).

Hay aproximadamente 24.000 ha de café en la Región Trifinio, distribuidos en altitudes por arriba de los 900 msnm hasta los 1.600 msnm. El café es una fuente de ingreso importante para las familias campesinas y la economía local por su alta demanda por mano de obra temporal que no puede ser satisfecha por la zona misma, sino que se traen jornaleros de otras partes de Centroamérica.

El sector del turismo tiene un alto potencial para ser desarrollado en la Región Trifinio. Se estima que la zona recibe un promedio de 1,7 millones de visitantes por año. El gasto promedio por visitante se estima en 31,50 USD por día. El mayor centro de atracción turística de la Región es La Basílica

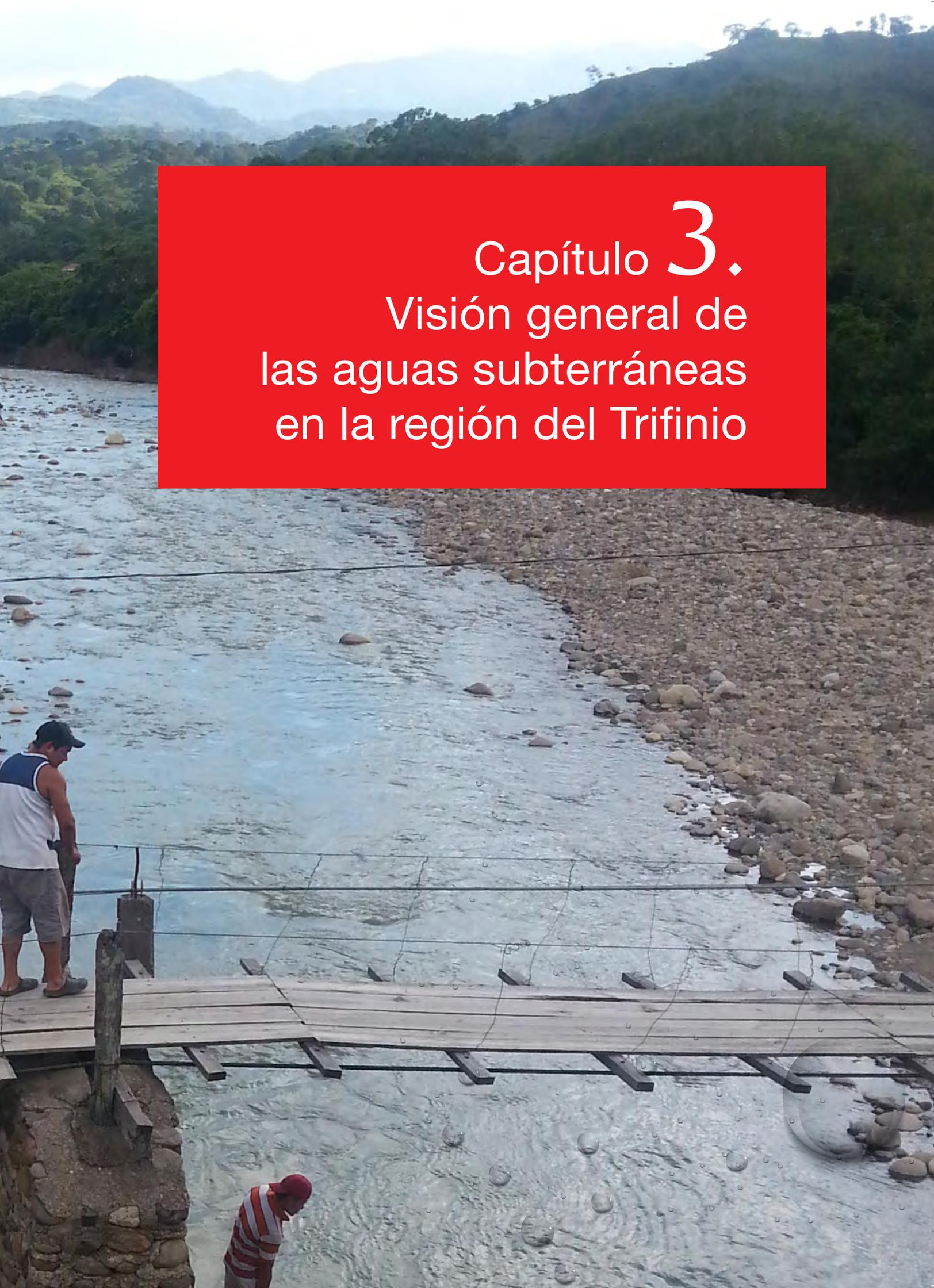
de Esquipulas en Guatemala, con más de un millón de visitantes al año. Otros atractivos turísticos incluyen el Área Protegida Trinacional de Montecristo, la artesanía de los pueblos salvadoreños de La Palma y San Ignacio y las Ruinas de Copán en Honduras.

De los sectores mencionados, sobre todo la actividad turística, la producción de café y el cultivo de hortalizas y aguacate tienen un potencial para un desarrollo económico de la Región y pueden representar una salida a la presente situación de pobreza. Sin embargo, muchos pobladores deciden emigrar de la Región para salir de la pobreza: se estima que Esquipulas tiene un 10% del total de la población que ha emigrado a Estados Unidos. (CATIE, 2005).

La migración de la población hacia otros territorios nacionales o hacia otros países (principalmente Estados Unidos y España), es un fenómeno que en los últimos años ha tenido impactos significativos en la economía y la estructura de las familias del triángulo norte de Centroamérica. Un 25% de la población total de los tres países tiene familiares que han emigrado (Programa Estado de la Nación 2011).







Capítulo 3.

Visión general de las aguas subterráneas en la región del Trifinio

3.1. Marco geológico e hidrogeológico

3.1.1. MARCO GEOLÓGICO

En Mesoamérica la zona de subducción se manifiesta por la presencia de abundantes focos sísmicos profundos, así como por una fosa que se extiende desde el sur de México hasta Costa Rica. Variaciones en el ángulo de subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe han causado una migración de la actividad volcánica de norte a sur como son las mesetas volcánicas del sur de Honduras, la cadena de volcanes extinguidos de edad Pliocénica en Guatemala y norte de El Salvador y últimamente la cadena de grandes estructuras volcánicas, algunas de ellas activas, que se sitúan próximos a la costa del Pacífico desde Guatemala hasta Costa Rica.

Las cuencas de sedimentación durante el Jurásico y Cretácico, que produjeron las formaciones El Plan, Todos Santos y las calizas del Grupo Yojoa, se caracterizaron por cambios continuos en el tipo de sedimentos acumulados como son las lutitas negras o carbonáceas, conglomerados cuarcíticos y calizas masivas. Esta sedimentación marina hacia el final del Cretácico cambió radicalmente con la depositación de lutitas, areniscas y conglomerados rojos de la formación de Valle de Ángeles y Subinal.

Estas capas rojas se depositaron en cuencas restringidas con grandes y frecuentes variaciones en el nivel de las aguas que produjeron la rápida y casi simultánea oxidación del hierro contenido en los minerales ferromagnesianos y biotita de las rocas metamórficas originales. Las coladas de lava basáltica y riolitas intercaladas en la parte superior de las capas rojas hacen suponer que éste fue el inicio de la actividad volcánica que continuó a través de todo el Cenozoico.

A finales del Cretácico y principios del Terciario cuerpos ígneos de rocas ácidas e intermedias invadieron los sedimentos del Mesozóico y rocas volcánicas tempranas. La información disponible en Guatemala indica que la actividad ígnea se vuelve progresivamente más joven hacia el Sur (Figura 3.1). Los cuerpos ígneos del área de Metapán y Concepción son claramente del Oligoceno, contrastando con la edad o edades de $71,9 \pm 3,6$ millones de años y $\pm 88,6$ millones de años del plutón de Chiquimula e intrusivos de la Cordillera del Merendón en el área de la Unión, Zacapa.

Antes de la extrusión de las rocas volcánicas más antiguas o serie “Matagalpa” del Terciario temprano a medio, la superficie de la región había sido nivelada por erosión hasta cerca del nivel mar. Las ignimbritas del Mioceno cubrieron gran parte de la Región Trifinio al sur de las fallas de Pueblo Nuevo y Jocotán, ocupando actualmente la parte alta de las mesetas lo que presupone que ellas fueron elevadas posterior al Mioceno o tal vez, Plioceno y subsiguientemente sujetas al actual periodo de erosión.

Durante el Plioceno y probablemente el Pleistoceno emanaron de grandes fracturas una nueva serie de rocas volcánicas riolíticas e ignimbritas las cuales constituirían la parte alta de la formación Padre Miguel en Guatemala y la formación Cuscatlán en El Salvador.

Los depósitos aluviales son relativamente reducidos encontrándose como rellenos poco consolidados de valles intramontanos, como el valle de Esquipulas y Chanmagua en Guatemala. En Honduras existen varios extensos valles estructurales como el de Nueva Ocotepeque, Sensenti y río Higuitos que se han formado por la deposición y erosión de sedimentos volcánicos, así como la acumulación de abanicos de aludes o depósitos poco consolidados, también llamados Pie de Monte (E. Levy, 1987).

Figura 3.1 | Provincias geológicas de Guatemala



Fuente: Taracena J. 2015. Informe Final Consultoría Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN.

En la Subcuenca Alto Lempa, la estratigrafía del área comprende en orden ascendente de la más antigua a la más reciente las siguientes unidades geológicas que se extienden desde la era del Paleozoico superior hasta el período Cuaternario como se resume en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.1 | Estratigrafía de la región Trifinio

Era	Periodo	Unidad	Litología
Cenozoica	Cuaternario	Aluvión	Bloques volcánicos con matriz tobacea.
	Terciario	Grupo Padre Miguel	Andesitas y basaltos con lahares, tobas, areniscas y ceniza volcánica (limo y arcilla).
		Formación Subinal y/o Formación Valle de Angeles	Conglomerados con areniscas y lutitas, con abundante hematita.
Mesozoica	Cretácico	Grupo Yojoa, Formación Atima	Calizas masivas con cristales de calcita.
Paleozoica	Carbonífero al Pérmico	Filitas San Diego (Grupo Chuacús)	Filitas con cuarzo, talco, micas, grafito y estaulorita.

Fuente: Informe Análisis Hidrogeológico. J. Taracena. 2015.

Las características fundamentales de las cinco unidades geológicas son las siguientes:

A. Filitas San Diego (Jts)

Se designa esta unidad como Filitas San Diego por aflorar las rocas metamórficas típicas, en el municipio del mismo nombre en Zacapa (Martens *et al.*, 2007). Esta unidad pertenece al complejo de rocas metamórficas de alto grado del Grupo Chuacús (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2004; Mirus *et al.*, 2005).

Se les encuentra en la franja central de Guatemala entre las zonas falla de Motagua y Jocotán, y departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Progreso.

Litología diagnóstica: Filitas de color gris oscuro a gris violáceo, con cuarzo, talco, micas, grafito y estaulorita. Presentan superficies lustrosas y betas de cuarzo, con fracturas y plegamientos. La roca alterada es gris parduzco y beige.

Relaciones estratigráficas: En algunas partes rocas volcánicas sobreyacen a esta unidad metamórfica que constituyen el basamento.

Edad: Paleozoico superior, de los períodos Carbonífero (Pensilvaniano) al Pérmico de 300 a 250 millones de años (Martens *et al*, 2007).

B. Formación Atíma (Kva)

Constituida por las calizas del oriente de Guatemala y noroeste de Honduras, conocido como Grupo Yojoa, formado por una unidad inferior llamada Formación Cantarranas y la unidad superior de la Formación Atíma. Se les ubica en los departamentos de Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, El Progreso y Guatemala.

Litología diagnóstica: Calizas masivas de color gris con abundantes cristales de calcita y muy fracturada en bloques métricos.

Relaciones estratigráficas: Estas calizas sobreyacen discordantemente a las rocas metamórficas del Paleozoico y subyace a la Formación Subinal y el Grupo Padre Miguel. En Guatemala estas secuencias estratigráficas del periodo Cretácico alcanzan los 2.500 metros de espesor (Herrera, 2007). En el área de estudio no se conoce el espesor, pero por referencias y correlaciones geológicas regionales puede ser de más de 1.000 metros.

Edad: Esta comprendida en el Cretácico temprano (Aptiano a Albiano), con edad de 119 a 98 millones de años. Esta edad está dada principalmente por la presencia de fósiles de rudistas, moluscos y foraminíferos (Martens *et al*, 2007).

C. Formación Subinal (I)

Comprende los sedimentos de capas rojas aflorantes en la aldea El Subinal al oeste del departamento de El Progreso (Figura 3.2). Se le ubica a lo largo de las fallas de Jocotán y Motagua, en los departamentos de Chiquimula, Jalapa, Zacapa, Izabal, El Progreso y Baja Verapaz en Guatemala y en El Salvador en la carretera entre Angiatú y Metapán. Estas capas rojas afloran en el occidente de Honduras. Litológicamente se presentan espesas series conglomerádicas de capas rojas continentales conteniendo clastos subredondeados (de 1 cm a 20 cm) de caliza, serpentinita, cuarcita, fillita, esquisto, gneis, anfíbolita y fragmentos de rocas volcánicas. La coloración rojiza se debe al alto contenido de hematita (óxido de hierro). A veces tiene una apariencia de brechas-conglomerados. El cemento de los conglomerados es arenisca gruesa de la misma composición que los conglomerados. Estas rocas aparecen en paquetes de espesor centimétrico, alternando con areniscas y lutitas, ricas en muscovita derivada posiblemente de las rocas metamórficas más antiguas.

Relaciones estratigráficas: Esta unidad sobreyace discordantemente a las rocas metamórficas y las calizas Atima. Rocas volcánicas del Grupo Padre Miguel cubren de forma discordante a las capas rojas Subinal. El espesor de la Formación Subinal es entre 750 a 1.000 metros (Giunta *et al*, 2002) a nivel regional, sin embargo en la región de los valles de Esquipulas y Ocotepeque Citalá, hay evidencia de espesores de alrededor de 100 a más de 300 metros.

Edad: A estos sedimentos se les ubica desde el Cretácico superior al Terciario y se les ha asignado una edad de 84 a 10 millones de años (Martens *et al*, 2007), es decir, del Campaniano y Maestrichtiano al Oligoceno - Mioceno.

Figura 3.2 | Formación Subinal (capas rojas), carretera de acceso a Esquipulas (Guatemala)



D. Grupo Padre Miguel (Pm)

Esta unidad aflora en la región oriental de Guatemala, Honduras y El Salvador, en este último país se dio el nombre de esta unidad (Figura 3.3). Se le ubica en amplias superficies en los departamentos de Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Zacapa y El Progreso. Comprende materiales volcánicos y algunos sedimentos. Principalmente está constituida por coladas andesíticas y basálticas de color gris, con lahares (Ver Figura 3.3). También existen areniscas blancas, principalmente arenitas arcósicas, compuestas por feldspatos de potasio, cuarzo, biotita, vidrio volcánico, pómez y fragmentos líticos. Dentro de este grupo también se incluyen coladas y tobas dacíticas, con vidrio volcánico, ortoclasa, cuarzo y biotita.

Relaciones estratigráficas: Esta unidad sobreyace discordantemente a las Formaciones Atima y Subinal y subyace a los aluviones recientes. El espesor de esta unidad es de 250 a 500 metros en la región que abarca los valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá.

Edad: Terciario superior, en la época del Plioceno (5 a 2 millones de años).

Figura 3.3 | Grupo Padre Miguel

E. Rocas volcánicas recientes (Qv1)

Es la unidad de rocas ígneas extrusivas que se localizan en toda la franja volcánica de Guatemala y forman los conos volcánicos recientes a lo largo de la cadena volcánica de Centroamérica (Figura 3.4). En Guatemala comprende los departamentos de San Marcos, Suchitepequez, Quetzaltenango, Escuintla, Santa Rosa, Jutiapa, Jalapa, El Progreso y Chiquimula, mientras que en El Salvador corresponde a las formaciones Morazán y Chalatenango. Esta unidad está compuesta por flujos de lava, tobas masivas y cenizas volcánicas, producto de erupciones de conos compuestos y cineríticos extintos como los cerros de Güistepeque y Redondo, al suroeste y noreste respectivamente. Las lavas son de características andesíticas de color gris, de textura afanítica porfirítica, con fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos, que se presentan en bloques métricos.

Relaciones estratigráficas: Esta unidad sobreyace al Grupo Padre Miguel. El espesor de esta unidad a través de los registros geofísicos se estiman en un promedio de más de 60 metros en el área que ocupan los valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá.

Edad: La edad de esta unidad se ubica en el Cuaternario inferior, en la época del Pleistoceno (1,8 millones de años a 10.000 años).

Figura 3.4 | Afloramiento de tobas masivas



F. Depósitos aluviales (Qal)

Esta unidad se ubica en el valle de San Luis Jilotepeque y en amplias superficies de aluviones cubren las partes planas de los valles aluviales de las cabeceras departamentales y municipales de Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, Zacapa, Izabal y otros departamentos (Figura 3.5).

Litología diagnóstica: Comprende bloques de materiales volcánicos de forma subredondeada, con tamaños entre 5 a 50 centímetros, que han sido re TRABAJADOS por corrientes fluviales de las partes superiores a las inferiores. La matriz del aluvión es tobácea, de color café claro, contiene grava (0,3 a 1 cm), arena y lodo, con fragmentos de rocas volcánicas grises (basalto, andesita y riolita), cuarzo, feldespatos y vidrio volcánico, de forma subangular y subredondeado.

Relaciones estratigráficas: Esta unidad sobreyace concordantemente sobre las rocas volcánicas del Grupo Padre Miguel y presenta un espesor de 30 m.

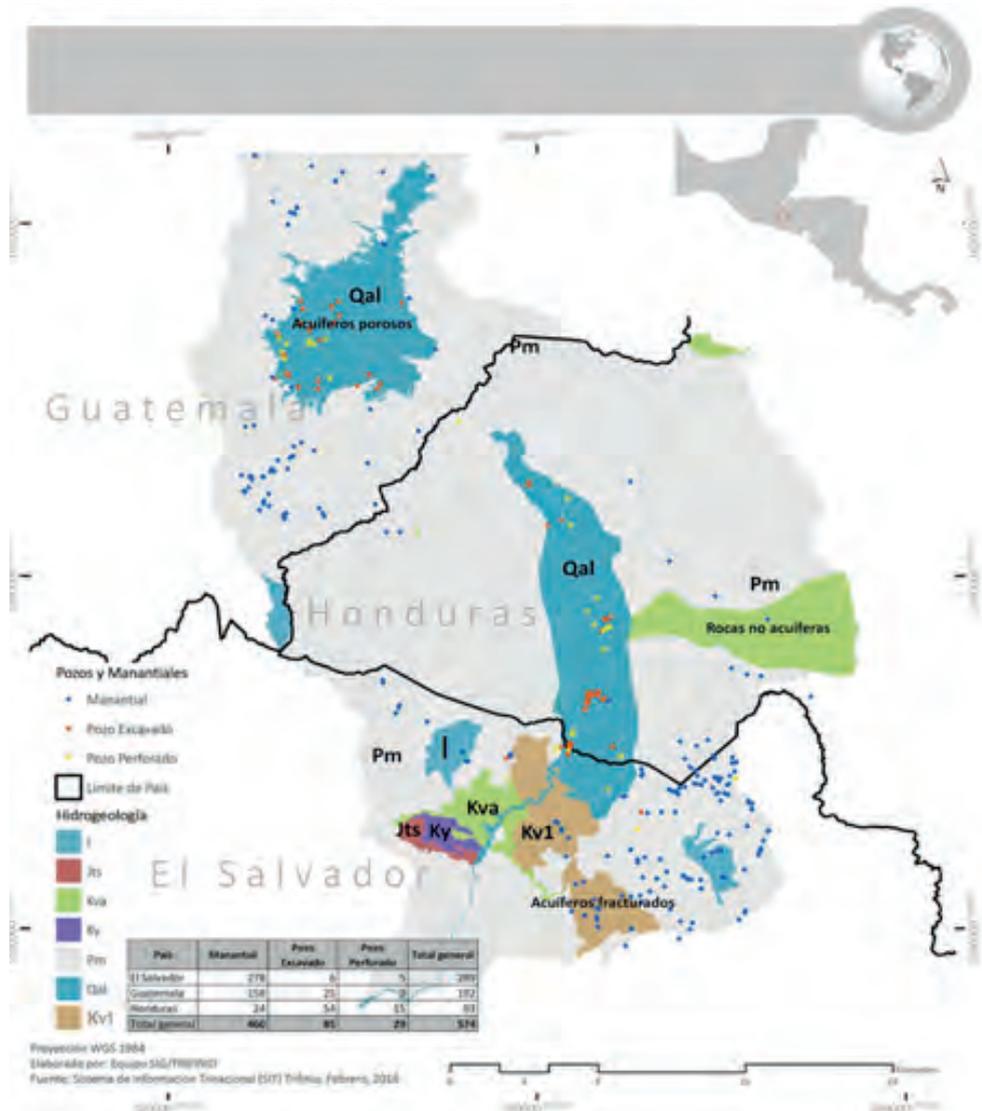
Edad: La edad de esta unidad es del Cuaternario reciente.

Figura 3.5 | Depósitos aluviales presentes en los valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



La Figura 3.6 presenta un mapa de las unidades geológicas en la Subcuenca Alto Lempa

Figura 3.6 | Mapa de unidades hidrogeológicas y pozos en la Subcuenca Alto Lempa



Fuente: Guifarro, L.R. 2015. Informe Final Consultoría "Implementación y/o Actualización y Mantenimiento del Sistema de Información geográfica del Plan Trifinio". UICN. 35 p.

3.2. Principales unidades hidrogeológicas

3.2.1. ESTUDIO GEOFÍSICO

Para poder determinar la geometría y comportamiento del acuífero originalmente identificado como Esquipulas-Ocotepeque-Citalá, se llevó a cabo un estudio geofísico a principios de 2015 mediante la realización de 23 sondeos eléctricos verticales (técnica de arreglo Schlumberger) (Figura 3.7).

La interpretación de los posibles niveles freáticos se hizo correlacionando los perfiles de resistividad eléctrica de acuerdo con sus características generales y a los valores interpretados de los de los modelos generados.

Para interpretar los resultados se tomaron en cuenta varios factores: a) los cambios de resistividad en estratos de la misma litología; b) la correlación entre estratos con resistividad eléctrica similar; c) la forma o “firma” de la curva de resistividad en profundidad; d) el nivel de ríos, pozos y manantiales presentes en la zona; e) la relación entre cada perfil y los perfiles adyacentes; f) la sucesión de capas dentro de cada perfil.

En general se logró una correlación adecuada entre los veintitrés sondeos efectuados. En las correlaciones se definieron cinco horizontes principales. Una descripción de estos horizontes se presenta a continuación.

A. Horizonte A

Es la capa del suelo. Los valores de las resistividades invertidas son variables, desde 50 hasta 275 ohm-m. Tiene un espesor de alrededor de 7,8 m. Este comportamiento es normal en las capas superficiales pues están expuestas al medio ambiente y factores como porosidad, permeabilidad y humedad son muy cambiantes. La parte superior de horizonte constituye el suelo agrícola.

B. Horizonte B

Esta capa tiene un espesor de unos 9,9 metros y se muestra claramente en veintidós de los veintitrés sondeos. Tiene una resistividad relativamente baja de entre 6 y 170 ohm-m, con un promedio de 33,7 ohm-m. Esta capa se interpreta como un horizonte con una adecuada porosidad y/o permeabilidad para constituir un acuífero superficial. Este horizonte es el que provee agua a la mayor parte de pozos perforados y a los manantiales en la zona de estudio. Considerando la geología de la región, su composición es de materiales de origen volcánico que a lo largo del tiempo han sido erosionados y re-trabajados como parte de los procesos geológicos normales.

C. Horizonte C

Esta capa tiene una resistividad promedio de 215 ohm-m y un espesor de unos 28,8 m. Sin embargo, su espesor puede llegar a los 59 m, dependiendo de la ubicación en la zona de estudio. Se interpreta como una capa de poca porosidad y/o permeabilidad, probablemente con algún contenido de arcillas que sirve como un sello entre un acuífero superior y otro más profundo.

D. Horizonte D

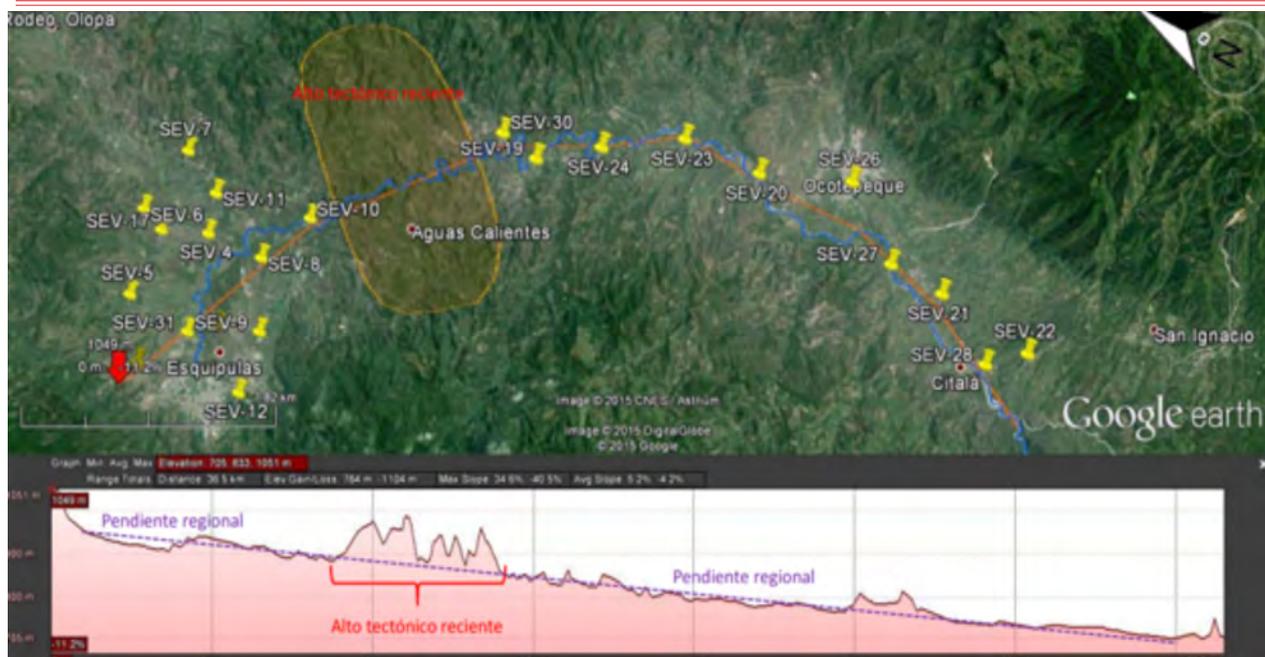
Este horizonte se interpreta como un acuífero profundo en la cuenca alta del río Lempa, la zona de estudio. El horizonte tiene una resistividad promedio de 33 ohm-m y un espesor potente promedio de 53,2 m.

E. Horizonte E

Esta capa se considera el basamento geoeléctrico de la cuenca. Presenta valores de resistividad sumamente variables, usualmente de varios miles de ohm-m. En algunos casos se pudo haber alcanzado el basamento geológico, abajo del material aluvial que llena la cuenca.

Adicionalmente, los sondeos ponen de manifiesto la presencia de varias fallas recientes que determinan una clara separación morfológica (alto tectónico reciente), y que pone en evidencia la discontinuidad hidráulica entre el acuífero de Esquipulas al norte y el de Ocotepeque-Citalá al sur de la Subcuenca Alto Lempa. Los levantamientos tectónicos del bloque central de rocas volcánicas son recientes, como se muestra por la erosión del río que creó un pequeño cañón y por la aparición de aguas termales a lo largo de las fallas principales. Los cuatro SEV (SEV 10, 9, 11, 19) interceptan las fallas y muestran una tendencia típica, bastante diferente de todos los demás SEV de la zona estudiada.

Figura 3.7 | Distribución de sondeos eléctricos verticales y alto tectónico (en amarillo) entre el acuífero Esquipulas y el acuífero Ocoytepeque-Citalá



Fuente: Geociencia Aplicada. 2015. Estudio de Geofísica Acuífero Trifinio. UICN.

Tanto en el acuífero Esquipulas como en el Ocoytepeque-Citalá, el patrón de formación es como se describe a continuación.

3.2.1. ACUÍFERO SUPERFICIAL (ALUVIONES DEL CUATERNARIO)

Esta capa o formación superficial tiene en promedio 30 metros de espesor, de los cuales los primeros 10 metros a partir de la superficie no contienen agua en todos sus poros; el agua presente se encuentra en forma de humedad, mientras que a partir de los 10 metros hasta la base de dicha capa se encuentra el agua subterránea, lo cual se ha evidenciado a través de la mayoría de los pozos excavados artesanalmente, en los cuales el nivel de agua subterránea en época seca pueden bajar varios metros e incluso puede secarse.

Desde un punto de vista hidráulico es un acuífero muy pobre (transmisividad entre 2-5 m²/día) y es muy vulnerable a la contaminación.

3.2.2. ACUITARDO (TOBAS MASIVAS)

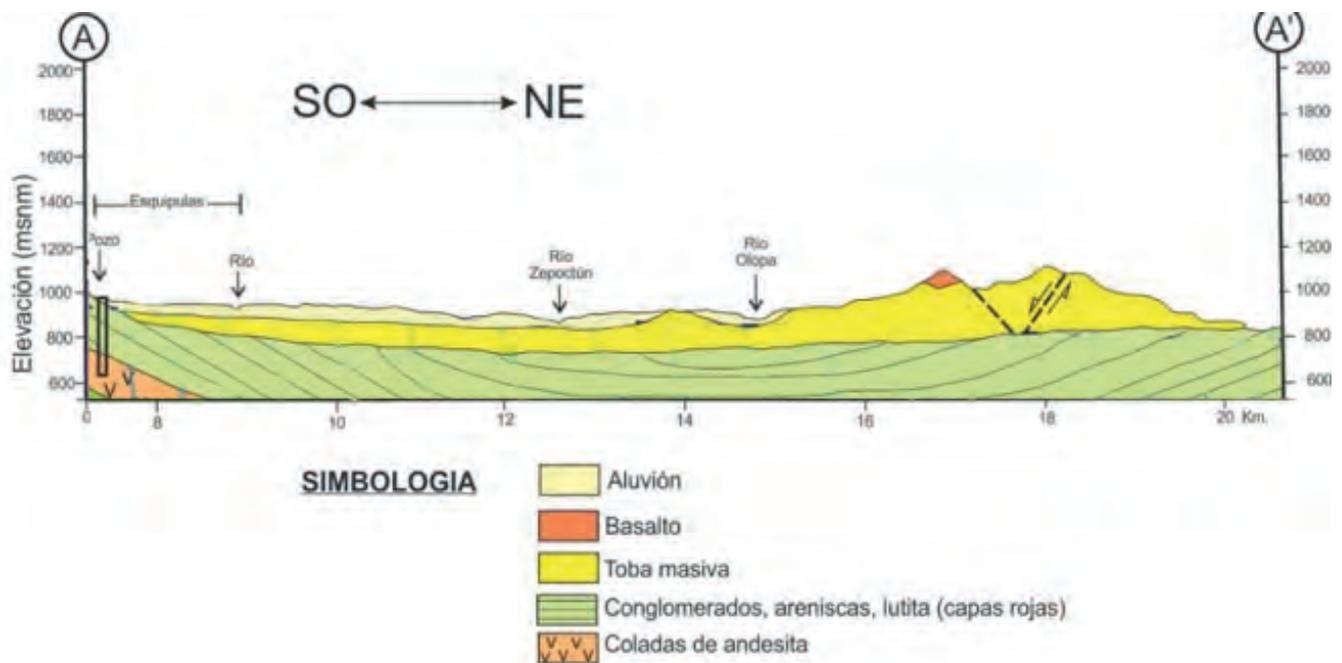
Esta capa geológica se encuentra inmediatamente por debajo de los aluviones y debido a que se formó por grandes explosiones volcánicas, las cuales expulsaron material muy fino con fragmentos de cuarzo y otros materiales, actúa como un sello natural, ya que no permite o dificulta en gran manera que el agua percole a estratos inferiores. Esta capa tiene un espesor promedio de 60 metros, no posee poros interconectados o fracturas de dimensiones apreciables que permitan la circulación del agua subterránea; en términos más técnicos se conocen a estas capas como acuitardos.

3.2.3. ACUIFERO PROFUNDO (FRACTURADO)

Inmediatamente por debajo de la capa sellante formada por las tobas masivas, se encuentra una capa o formación geológica, la cual está constituida por sedimentos de color rojo. Estos sedimentos están sustentados por las rocas impermeables Padre Miguel y tienen diferentes tamaños; desde partículas muy finas como arcillas a las cuales se les llama lutitas, hasta granos de arena fina (areniscas finas), fragmentos de calizas y rocas volcánicas; estos fragmentos tienen tamaños que varían desde 1 a más o menos 20 centímetros de diámetro y se conocen geológicamente como conglomerados. Estas capas rojas se encuentran saturadas de agua, tanto sus poros como fracturas, y debido a que tiene por lo menos una capa sellante natural por encima y otra capa más superficial, el agua contenida en esta formación está a mayor presión que la atmosférica. No tiene conexión con el agua subterránea presente en la capa más superficial, por lo que se le denomina un acuífero confinado. Los pozos perforados más profundos de los valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá explotan este acuífero, que por pruebas de bombeo presenta transmisividades de 6 a 10 m²/día, siendo un acuífero pobre en cuanto a extracción de agua subterránea, pero mejor protegido contra la contaminación que el acuífero superficial. El acuífero confinado se extiende lateralmente más allá del fondo del valle plano, pero las aguas subterráneas por lo general se pueden encontrar solamente a gran profundidad.

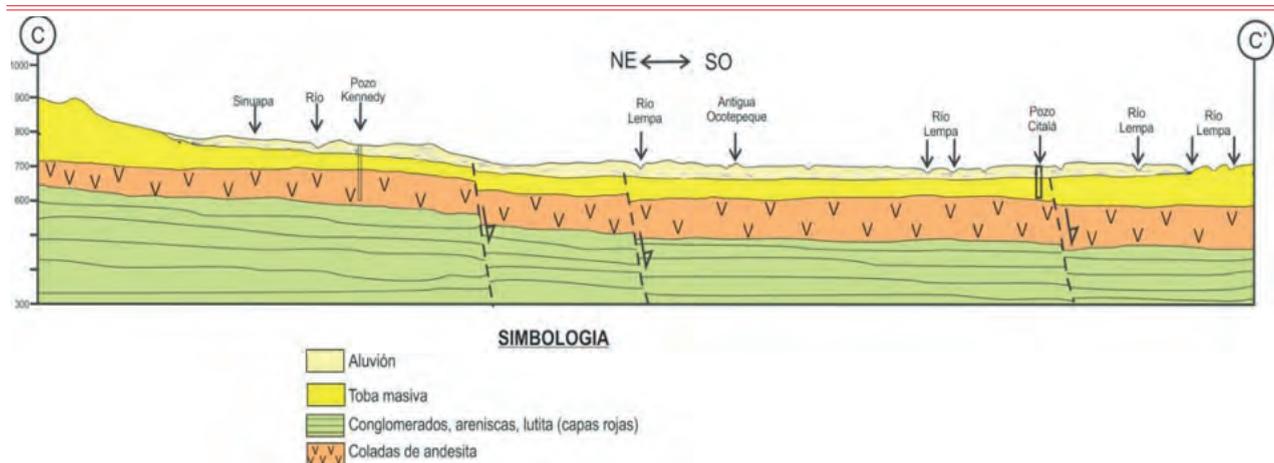
Las secciones transversales (Figuras 3.8 y 3.9) presentan las características geológicas del sistema acuífero-acuitardo descrito.

Figura 3.8 | Sección transversal del acuífero Esquipulas



Fuente: Taracena J. 2015 Informe final Consultoría Hidrogeología, Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN/UNESCO.

Figura 3.9 | Sección transversal del acuífero Ocoatepeque-Citalá



Fuente: Taracena J. 2015 Informe final Consultoría Hidrogeología, Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio UICN/UNESCO

Dichas secciones deben de tomarse con precaución y como provisionales ya que se requiere tener en cuenta más datos de pozos que no estaban disponibles al momento de elaborar este informe.

3.3. Modelo conceptual

Las aguas superficiales y las aguas subterráneas en la zona están fuertemente vinculadas entre sí y su dinámica se rige por el superávit de precipitaciones durante la estación húmeda en un lado, y por el río Lempa alto en el otro. Durante abundantes lluvias, el agua se escurre rápidamente de la montaña y de los flancos hacia las partes más bajas de la zona –el fondo del valle del río Lempa–, desde donde, o bien se infiltra y recarga del acuífero freático o contribuye al flujo directo de la río. El acuífero freático superficial y el acuífero confinado profundo están probablemente interconectados por filtración vertical a través del acuitardo que los separa, pero aún no se han identificado y mapeado zonas de filtración de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. No es imposible que una parte importante de la recarga del acuífero profundo se lleva a cabo fuera de las zonas donde el acuífero aluvial está presente.

El agua subterránea en el acuífero aluvial freático generalmente fluye hacia el río Lempa, en dirección aguas abajo, pero cerca del río la dirección del flujo puede invertirse temporalmente durante los fuertes picos de las inundaciones en el río. Llevando en cuenta que el río y el acuífero superficial están conectados hidráulicamente, se deduce que el río Lempa conecta el acuífero del Valle de Esquipulas (Guatemala) con el del Valle de Ocoatepeque-Citalá (El Salvador y Honduras). La descarga del acuífero profundo puede ocurrir ya sea por medio de manantiales en las zonas que bordean el fondo del valle del río, o por filtración a través del acuitardo hacia el acuífero aluvial freático.





Capítulo 4.
El papel del agua
subterránea
en el área



4.1. Uso del agua

La disponibilidad hídrica real en la totalidad de la Región Trifinio aún no se ha podido determinar por la falta de información confiable sobre el volumen de los caudales. Se tienen algunos estudios realizados para la Cuenca Alta del río Lempa (47,1 % de la Región Trifinio), en los cuales se ha estimado una disponibilidad hídrica entre 74,3 m³/s en la época lluviosa y 18,7 m³/s en la época seca (López, Delgado 2009).

Los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá se encuentran ubicados en la Subcuenca Alto Lempa, la cual aporta el 56% de la escorrentía superficial de la Cuenca Alta del Río Lempa (1.162 Mm³) aportando el Municipio de Esquipulas 197 Mm³, Olopa 40,9 Mm³ (Acuífero Esquipulas); Ocotepeque 132 Mm³, Sinuapa 75,7 Mm³, Concepción 75,5 Mm³, Santa Fe 59,6 Mm³, La Palma 129 Mm³, Citalá 59,5 Mm³, San Ignacio 36,6 Mm³ (Acuífero Ocotepeque-Citalá).

La utilización del agua subterránea para consumo humano es superior a la de las aguas superficiales (Cuadro 7.2), pero la región Trifinio tiene un potencial hídrico superficial alto. Existen pocas municipalidades que cuentan con pozos como fuentes de abastecimiento, aunque esta situación podría cambiar debido a factores tales como un crecimiento poblacional, que implicaría un aumento de la demanda, o una disminución de la oferta por la variabilidad climática y la contaminación. En ese caso las municipalidades podrían considerar el agua subterránea como una opción viable para suplir la demanda futura.

4.2. Número, categoría y distribución de manantiales y pozos (excavados y perforados)

Durante los recorridos de campo y las investigaciones llevadas a cabo durante el proyecto se identificaron 39 pozos adicionales a los que se habían identificado en el inventario realizado por el Plan Trifinio con el estudio realizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (Proyecto RLA 4580), de los cuales 21 corresponden a pozos artesanales y 18 a mecánicos (Cuadro 4.1). Estos pozos tienen un caudal promedio de 132 G/m el cual equivale a 8,33 L/seg., lo cual es una cantidad considerable ya que se puede abastecer aproximadamente a 3.500 personas por pozo. Es importante no olvidar que un 30% de estos pozos no están en funcionamiento, ya que algunos han sido construidos recientemente y otros los han dejado abandonados porque ya no se requiere del agua en el lugar donde fueron construidos. Al final tenemos un consolidado de 85 pozos artesanales (excavados) y 29 pozos mecánicos (perforados) y 460 manantiales (Cuadro 4.2), que se encuentran distribuidos como se muestra en la Figura 3.6.

Cuadro 4.1 | Datos de pozos mecánicos y artesanales identificados en el área de estudio durante el proyecto GGRETA

No.	DESCRIPCIÓN	X	Y	Elevación (msnm)	Tipo de pozo	Profundidad (m)	Nivel del agua (mbns)	Diametro del pozo (m)	Caudal (m ³ /h)
1	Pozo La Normal	263970	1597193	812	Mecánico	---	----	0,2	
2	Pozo El Poy Hond.	261948	1591217	739	Mecánico	90	3,2	0,2	45,9
3	Pozo Santa Clara	265265	1596196	830	Mecánico	122	10	0,15	17
4	Pozo Estadio Ocoatepeque	263650	1596896	819	Mecánico	213	10	0,15	13,6
5	Pozo Santa Anita	261814	1602955	797	Mecánico	61	12,19	0,2	18,2
6	Pozo Los Morros	264410	1595003	797	Artesanal	10	1,61	1,8	
7	Pozo Concepción	261684	1604513	858	Mecánico	135		0,2	32,3
8	Pozo AMBAS	263176	1597432	806	Mecánico	128,05	36,09	0,15	19,3
9	Pozo Los Estanquillos	262315	1594502	752	Artesanal	27	21	1,5	
10	Pozo en Construcción	256545	1606973	996	Mecánico				
11	Pozo Machuca	255777	1608845	987	Mecánico	152			
12	Pozo Aduana Hon-Gua	254398	1608099	945	Mecánico	106,7	29,7	0,15	12,5
13	Pozo Municipal San Ignacio	263890	1587795	897	Mecánico				
14	Pozo Aduana ELS	261677	1590161	718	Mecánico	90	7,3	0,2	12,5
15	Pozo Citalá	261267	1590285	743	Artesanal				
16	Pozo Citalá	261052	1590235	747	Mecánico	147		0,1	32,5
17	Pozo Santa Udelia	246292	1611458	958	Artesanal				
18	Pozo Condado T. Colorada	247672	1613420	936	Mecánico	304,8	12,2	0,2	56,8
19	Pozo Beneficio de café	248570	1613564	934	Mecánico	274,4	6,1	0,2	34,1
20	Pozo Condado Real	248828	1611321	964	Mecánico	365,80	24,40	0,2	27,7
21	Pozo Jesús y María	245927	1611953	968	Artesanal	16	14	0,02	
22	Pozo Centro Pastoral Santiago	246278	1612106	962	Artesanal	8	4,7		
23	Pozo Orfanato	246318	1612383	939	Artesanal	30	2,7		
24	Pozo Santa Lucia	246176	1612816	950	Mecánico	365,9	23,5	0,15	51,1
25	Pozo Col. Los Arcos	246299	1612221	951	Artesanal	10	1,2		
26	Pozo Artesanal	246158	1612238	951	Artesanal				
27	Pozo Artesanal	246175	1612223	947	Artesanal				
28	Pozo Condominio Quinta Bella	246314	1612741	954	Artesanal	10	0,7		
29	Pozo Artesanal	246351	1612746	956	Artesanal				
30	Pozo Pachapa	247460	1613128	935	Artesanal	7	2,75		
31	Pozo Artesanal	247433	1614130	935	Artesanal				
32	Pozo Caserio los Chorros	247593	1614815	941	Artesanal	3	Nivel de suelo		
33	Pozo Artesanal	247282	1615007	948	Artesanal		Nivel de suelo		
34	Pozo Bosques de San Fernando	247257	1613508	954	Artesanal				
35	Pozo Bosques de San Fernando	247643	1613242	944	Mecánico				
36	Pozo Atulapa	250819	1611209	918	Artesanal	6	Nivel de suelo		
37	Pozo Gran Chorti	249003	1611613	968	Artesanal	19,3	1,6	0,78	4,4
38	Pozo Campero	246561	1611135	953	Artesanal		5,4		
39	Pozo Canchitas	247913	1610991	1002	Artesanal				

XY: Coordenadas métricas del sistema UTM Zona 16N

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.2 | Número de manantiales, pozos excavados y pozos perforados en el área de estudio

TIPO DE FUENTE	PAIS			TOTAL
	GUATEMALA	HONDURAS	EL SALVADOR	
POZOS EXCAVADOS	25	54	6	85
POZOS PERFORADOS	9	15	5	29
MANANTIALES	158	24	278	460
TOTAL	192	93	289	574

Fuente: Elaboración Propia, información Informe Proyecto RLA-8045.

Según los datos colectados tanto en campo como información generada por otros proyectos para el acuífero Esquipulas se tiene datos de caudales únicamente de un pozo excavado (capa acuífera superficial) y su rendimiento es de 4,4 m³/h, mientras que para la capa acuífera confinada se tiene un rendimiento que varían de 27,7 a 56,8 m³/h. En el caso del acuífero Ocotepeque-Citalá, presenta rendimiento en la capa acuífera superficial de 2,6 a 11,4 m³/h y en la capa acuífera profunda rendimientos de 12,5 a 45,9 m³/h.

4.3. Extracción de agua subterránea y su uso

Según algunos datos obtenidos del programa que desarrolla CATIE en la zona, el volumen de agua subterránea extraída es de 4.930.723 m³/año para uso doméstico y consumo humano. Para uso agroindustrial (procesamiento de café) se estima que se usan unos 178.500 m³/año.

En el caso de la agricultura todos los productores aprovechan la época de invierno para producir los cultivos que se adaptan a esta estación y no necesitan ser regados; los cultivos de verano, en su gran mayoría, son regados con aguas superficiales. Sin embargo, algunos propietarios de pozos están contemplando la idea de usar el agua subterránea para la producción agrícola debido a la variabilidad y alteración en el patrón del agua superficial.







Capítulo 5.
Amenazas para
el desarrollo sostenible
y uso del agua

5.1. Fuentes de contaminación del agua subterránea, vulnerabilidad y riesgo a la contaminación

5.1.1. PATRONES REGIONALES DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

Es importante hacer notar que en la Región Trifinio existen pocos estudios de calidad de agua referidos especialmente a aguas subterráneas ya que los que se han realizado están enfocados a aguas superficiales. En esta temática se cuenta únicamente con la información generada por el estudio del Organismo Internacional de Energía Atómica que realizó este tipo de análisis en varios pozos de la Cuenca Alta del río Lempa, tanto para época seca como para época lluviosa, permitiendo así tener una comparación estacional. Los resultados obtenidos se pueden resumir de la siguiente forma.

Se han tomado muestras del agua subterránea de pozos y manantiales (en 2012 y 2014) donde se analizaron los principales componentes químicos. Entre las siete muestras tomadas del Valle Esquipulas, tres tipos principales de agua química se pueden distinguir: calcio-bicarbonato, bicarbonato de sodio y un tipo mixto con predominio de bicarbonato y mezclas de sulfato y/o cloruro. Las 23 muestras tomadas de los pozos y manantiales en el Valle de Ocotepeque muestran una variabilidad mayor de productos químicos. Aparte de los tres tipos químicos principales mencionados anteriormente, también hay pozos con predominio de cloruros y nitratos que pueden ser el resultado de la actividad agroindustrial en la región (e.g. café). Las muestras de los pozos aquí muestran que la recarga se lleva a cabo en el valle, mientras que la baja mineralización del agua de algunos manantiales sugiere que son parte de los sistemas de flujo local. Todas las muestras de agua subterránea tomadas de pozos y manantiales durante 2012 clasifican el agua como fresca: el promedio de sólidos disueltos totales (SDT) es de alrededor 250 mg/l, con un máximo de 575 mg/l y un mínimo de 12 mg/l (en uno de los manantiales).

Cuadro 5.1. | Fuentes de agua muestreadas para analizar la calidad de las aguas subterráneas

Código	Nombre del sitio	X	Y	Elevacion (msnm)	Tipo de fuente de agua	Profundidad (m)	Nivel del agua (mbns)	Produccion de pozo (m ³ /h)
Acuífero Esquipulas								
D48	Pozo Gran Chorti, Esquipulas, GUA	246235	1610530	981	Subterránea (Pozo excavado)	19,32	3	4,4
D49	Pozo Finca Santa María, Carretera. Chanmagua, Esquipulas, GUA	252584	1615355	927	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	N/A	N/A
D50	Procesos, servicios y bodega, Esquipulas, GUA	251918	1549129	924	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	3,75	N/A
D51	Pozo Barrio Pashapa, Carret. Chanmagua, Esquipulas, GUA	247463	1613137	937	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	N/A	N/A
D52	Pozo Los Arcos, Esquipulas, GUA	246173	1612221	952	Subterránea (Pozo excavado)	10	1,2	N/A
D53	Pozo, Cofee Brown, Esquipulas GUA	251352	1615068	915	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	N/A	N/A

Código	Nombre del sitio	X	Y	Elevacion (msnm)	Tipo de fuente de agua	Profundidad (m)	Nivel del agua (mbns)	Produccion de pozo (m ³ /h)
W18	Pozo El Torreón, Carret. Chanmagua, Esquipulas, GUA	248583	1613564	931	Subterránea (Sondeo perforado)	274,4	6,1	34
Acuífero Ocotepeque-Citala								
D01	Pozo Quintín Palacios, Santa Fe, HON	259567	1605195	856	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	3,8	N/A
D03	Pozo Adolfo Chinchilla, Santa Anita, HON	261213	1590406	814	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	3,5	N/A
D28*	Pozo Jorge Mateo, Antigua Ocotepeque, HON	262769	1593043	761	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	2,4	N/A
D33	Pozo Cesamo, Antigua Ocotepeque, HON	263322	1593373	756	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	N/A	N/A
D38	Pozo Turicentro Sandoval 1, Antigua Ocotepeque, HON	263329	1593274	784	Subterránea (Pozo excavado)	N/A	N/A	N/A
D39	Pozo Turicentro Sandoval 2, Antigua Ocotepeque, HON	263387	1593327	784	Subterránea (Pozo excavado)	11,45	N/A	9,16
D47	Pozo María Ermelinda, El Poy, HON	261770	1590401	717	Subterránea (Pozo excavado)	5,75	N/A	4,57
W02	Pozo Aduana, El Poy, ELS	261675	1590170	724	Subterránea (Pozo perforado)	90	7,3	12,7
W07	Pozo El Yunque, Nueva Ocotepeque, HON	263508	1596976	801	Subterránea (Pozo perforado)	62,5	46,6	N/A
W08	Poco Presidio Ocotepeque, Nueva Ocotepeque, HON	263623	1595905	763	Subterránea (Pozo perforado)	76,8	30,7	N/A
W14	Pozo Observación Magdalena Pineda, El Poy, HON	261953	1591224	725	Subterránea (Pozo perforado)	N/A	N/A	N/A
W15	Pozo Observación Concepción, Santa Fe, HON	261684	1604512	873	Subterránea (Pozo perforado)	N/A	N/A	N/A
W16	Pozo Citalá, Citalá, ELS	261048	1590250	730	Subterránea (Pozo perforado)	N/A	N/A	N/A
WH01	El Poy la Hermita pozo 1	261958	1591247	719	Subterránea (Pozo perforado)	90	3,2	45,9
WH02	El Poy la Hermita piezómetro 2	261958	1591247	719	Subterránea (Pozo piezométrico)	20	N/A	N/A
WH03	El Poy la Hermita piezómetro 3	261958	1591247	719	Subterránea (Pozo piezométrico)	20	N/A	N/A
WH04	El Poy la Hermita piezómetro 4	261958	1591247	719	Subterránea (Pozo piezométrico)	20	N/A	N/A
WH05	Pozo Santa Anita Pozo 2	261958	1591247	719	Subterránea (Pozo perforado)	61	12,2	18,2
S01	Naciente Sandoval, HON	N/A	N/A	N/A	Subterránea (Manantial)	N/A	N/A	N/A
S02	Naciente Sumpul, HON	274871	1593002	N/A	Subterránea (Manantial)	N/A	N/A	N/A
S08	Naciente Aguacatal, ELS	271415	1585875	N/A	Subterránea (Manantial)	N/A	N/A	N/A
S17	Naciente Teosinte, ELS			N/A	Subterránea (Manantial)	N/A	N/A	N/A
S20*	Naciente Aguas Calientes, HON			N/A	Subterránea (Manantial)	N/A	N/A	N/A

*Del manantial S20-01, solamente se cuenta con datos de temperatura; del pozo D28-01, solamente se cuenta con datos de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

Fuente: Capítulo VI, 2015. Informe final Proyecto RLA 8045, OIEA.

5.1.2. CALIDAD DEL AGUA EN EL ACUÍFERO ESQUIPULAS (GUATEMALA)

A. Conductividad eléctrica (CE)

Los pozos excavados presentaron una conductividad eléctrica (CE) entre 211,4 y 706,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época lluviosa, y entre 178 y 598 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en época seca, lo que indica una mayor mineralización en la primera. Los pozos que tuvieron mayor enriquecimiento son W18, D51 y D52, mientras que los pozos restantes casi no presentaron variaciones. Considerando la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (Food and Agriculture Organization – FAO por sus siglas en inglés), prácticamente todos los pozos estudiados en el acuífero Esquipulas se clasifican como sin ningún grado de restricción de uso en términos de salinidad (CE menores a 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Ayers y Westcot, 1985) y se agrupan de la siguiente manera (M. Espigares García, M. Fernández – Creuhet Navajas. Estudio Sanitario del Agua. 1995) (Cuadro 5.2):

Cuadro 5.2 | Tipos de mineralización que se presentaron en los muestreos de calidad de agua

TIPO DE MINERALIZACIÓN	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	LUGAR DE MUESTREO (código de fuente según cuadro 5.1)	ELEVACIÓN (msnm)
Débil	199	D50 (época lluviosa)	924
Media	Entre 497 y 706,5	D51, D50 (época seca), D53 (época lluviosa), D48, D49 y W18 (época lluviosa y seca)	Entre 915 y 981
Importante	706,5	D51 (época lluviosa)	937

Fuente: Elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

B. pH

El pH en la época seca es en general del tipo “Neutro” (pH entre 6,5 y 7,8). Lo anterior indica que existe una importante recarga de agua lluvia (pH promedio de 6,5 en zona de Citalá, según registros del proyecto RLA8038 financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica), la cual favorece procesos de meteorización de rocas, principalmente aquellas que otorgan alcalinidad como bicarbonatos y carbonatos. Lo anterior fue más acentuado en los pozos D52, W18, D51 y D49. Por otro lado, el pozo D48 no experimentó variaciones de pH, lo que indica que tiene poca influencia del agua lluvia. Así también, el pozo D50 presentó un comportamiento inverso, es decir que las lluvias no favorecieron procesos de meteorización de rocas que otorgan alcalinidad al agua. Al considerar el parámetro de elevación aparentemente no hay una correlación con el pH.

Al relacionar pH con CE, tanto las aguas pobremente mineralizadas como las mediamente presentaron pH entre 6,5 y 7,5. Los pozos W18, D52 y D51 presentaron incremento de CE y aumento del pH, lo que indica un proceso de meteorización principalmente de rocas bicarbonatadas; en cambio, el pozo D50 presentó una relación inversa, ya que al aumentar la CE de la época seca a la lluviosa, se redujo el pH, por lo que puede existir procesos de disolución de materiales que otorgan acidez al agua tales como humus, materia orgánica, silicatos de arcillas. El resto de pozos no experimentó cambios de pH que se relacionen a las variaciones de CE.

Se determinó que de la época seca a la lluviosa, la tendencia predominante fue que el pH se incrementa con la recarga local y posible disolución de rocas que otorgan alcalinidad. Por otro lado respecto a la distribución espacial, en época seca, el gradiente de pH tendió a ser menor en la parte norte del acuífero y mayor en el sector sur y oeste, sin embargo, en época lluviosa dicho gradiente se dispersó por la recarga local y meteorización de la roca.

C. Temperatura

De acuerdo a los resultados obtenidos en campo para los pozos excavados y río Olopa, todas las muestras se clasificaron como aguas de tipo “Frescas” (“Agentes Físicos”, A. Capote Cabrera, Cuba, 2005), con temperaturas entre 24,0 y 29,4°C.

Se determinó que, a mayor elevación del terreno disminuye la temperatura del agua, probablemente debido a que el agua de los pozos está en equilibrio térmico con el ambiente (profundidades aproximadas entre 12 y 42 m bajo el borde del pozo) así como a la recarga del agua lluvia (niveles freáticos de 3,75 m en pozo D51 y 3,0 m en pozo D48). Por otro lado, para el pozo perforado W18 la temperatura fue mayor que la del resto (28,7° y 29,4°C), correspondiendo a la temperatura del acuífero a mayor profundidad (hasta 274 m bajo la superficie). Al correlacionar con la CE, no se determinó que existe influencia hidrotermal en los pozos monitoreados.

D. Alcalinidad y dureza

Se consideró que la alcalinidad de las muestras corresponde en su mayoría a la concentración del ión bicarbonato. Por lo anterior, la alcalinidad medida en las muestras fue igual al contenido de bicarbonato. En el caso de la Dureza, se midió también como CaCO₃ (dureza de calcio).

Las muestras presentaron alcalinidades entre 86 y 378,6 mg/l en pozos excavados y entre 114 y 182 mg/l en pozo perforado W18. Atendiendo los “Criterios elaborados por el Centro Canario del Agua” (Fuente: <http://www.fcca.es/es/cms/productos/alcalino/#75>), las muestras se clasifican en tres grupos (Cuadro 5.3):

Cuadro 5.3 | Grupos de alcalinidad identificados de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras

GRUPO DE ALCALINIDAD	PARÁMETRO (mg/l)	FUENTE MUESTREADA
Media	92,8	Pozo excavado D50 (época lluviosa y seca)
Alta	114	Pozo perforado W18 (época seca)
Muy Alta	Entre 156,8 y 378,6	Pozos excavado D48, D49, D51, D52, D53 (época lluviosa y seca), Pozo perforado W18 (época lluviosa)

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

Respecto a la dureza, hay también tres grupos (J.A. Romero Rojas, “Calidad del Agua”, 1999) (Cuadro 5.4):

Cuadro 5.4 | Grupos de Dureza identificados de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras

GRUPO DE DUREZA	PARÁMETRO (mg/l)	FUENTE MUESTREADA
Agua blanda	Entre 7,1 y 51,6	W18, D50 y D51 (época lluviosa y seca)
Moderadamente dura	Entre 95,4 y 144,6	D53, D52 (época lluviosa y seca), D49 en época seca
Dura	Entre 151,5 y 203,2	D52, y D49 (época lluviosa), D48 (época lluviosa y seca)

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

Al correlacionar la alcalinidad con la elevación, se aprecia una tendencia a incrementar la alcalinidad con la elevación del terreno. Esto indica que los sitios más elevados presentan una mayor meteorización de rocas bicarbonatadas que en elevaciones menores. Por lo anterior, a medida que desciende el nivel del agua, se meteorizan otros tipos de materiales (sulfatos, cloruros, etc...). Solamente el pozo W18 presentó un incremento significativo de alcalinidad como CaCO_3 de la época seca a la lluviosa, lo que refuerza la idea que en dicho sitio el agua subterránea profunda está más meteorizada en rocas bicarbonatadas. En cambio, el resto de pozos excavados, por contener agua somera, presenta menos variaciones de alcalinidad (indicación de agua con mayor tiempo de tránsito). En el caso de la relación entre dureza contra la elevación del terreno, existió también una proporcionalidad directa, similar a la alcalinidad.

E. Oxígeno disuelto (OD)

La mayoría de los pozos presentaron OD entre 1,8 y 4,0 mg/l. Los pozos perforados W18 y D50, ambos en época seca, presentaron valores de 5,1 y 7,3 mg/l, respectivamente. Se apreció una tendencia a incrementar el OD al reducirse la elevación de los pozos monitoreados. Al correlacionar el OD con la CE también se observó una tendencia al incremento del OD con la reducción de la CE. Lo anterior indica que los pozos más mineralizados (D51, D48, D49 y D50) contienen menos OD que el resto, debido a procesos de recarga y propiedades coligativas del agua.

F. Familias químicas de agua en el acuífero Esquipulas

La representación de datos hidrogeoquímicos en el acuífero Esquipulas está representada en los diagramas de Piper de las Figuras 5.1 (época seca) y 5-2 (época lluviosa) y los diagramas de Stiff de las Figuras 5.3 (época seca) y 5.4 (época lluviosa). Se identificaron las siguientes familias de aguas.

■ Primera familia de aguas, Ca-HCO_3

Corresponde al pozo excavado D52 (pozo Colonia Los Arcos) en época seca. El agua se clasifica como de dureza temporal, agua bicarbonatada cálcica. Presenta poca variación estacional en las concentraciones de iones mayoritarios. Por las concentraciones de los iones mayoritarios, se deduce que el agua es de reciente infiltración, con recarga en la zona superior de la cuenca, con flujo activo, de recorrido corto, el flujo es local.

El tipo de roca según el diagrama de Piper es basalto (roca ígnea volcánica de color oscuro, de composición máfica —rica en silicatos de magnesio y hierro y bajo contenido en sílice) y Calcita (CaCO_3).

■ Segunda familia de aguas Na-HCO_3

La segunda familia de agua está formada por el pozo perforado W18 (pozo El Torreón). El agua se clasifica como agua salina, bicarbonatada sódica. Las concentraciones de sodio se encuentran por arriba de 70 meq/L. No se observa variación estacional en las concentraciones de los iones mayoritarios.

La concentración alta de sodio indica que el agua ha tenido un largo tiempo de residencia en el suelo, puede ser un flujo regional, de recorrido largo y movimiento muy lento.

■ Familias intermedias de aguas, con predominancia de HCO_3

i) Ca-Na- HCO_3

Formada por D53 (pozo Coffee Brown), D50 (pozo Procesos, Servicios y Bodega), D51 (Pozo Barrio Pashapa, carretera a Chanmagua) y D52 (pozo Colonia Los Arcos) en época lluviosa. El agua se clasifica como de dureza temporal, agua bicarbonatada cálcica-sódica.

Existió una pequeña variación estacional en las concentraciones de cationes mayoritarios, excepto para el pozo D52, que incrementó notablemente el sodio (de 0,06 a 0,9 meq), lo que indica una mayor meteorización en época lluviosa de rocas que aportan sodio. En el caso de los aniones, solamente el cloruro en el pozo D50, se incrementó de 0,07 meq en época seca a 0,5 meq en época lluviosa, lo que indicaría una zona de recarga. Por lo anterior, se deduce que el agua es de reciente infiltración, la recarga es de una zona superior de la cuenca, con flujo activo, de recorrido corto, el flujo es local.

ii) Ca-Mg- HCO_3

Está formada por el pozo excavado D48 (pozo Gran Chortí), época seca y lluviosa. El agua se clasifica como de dureza temporal, de tipo bicarbonatada cálcica – magnésica. No hay variación estacional en las concentraciones de iones mayoritarios. Las concentraciones de calcio y magnesio se encuentran entre 50 y 35 meq/L respectivamente.

Por las concentraciones de los iones mayoritarios se deduce que el agua es de reciente infiltración, la recarga es de una zona superior de la cuenca, con flujo activo, de recorrido corto, siendo el flujo local.

iii) Ca-Mg-Na- HCO_3

Corresponde al pozo D52 en época lluviosa. El agua se clasifica como de dureza temporal, agua bicarbonatada cálcica-magnésica-sódica.

iv) Na-Ca- HCO_3 - SO_4

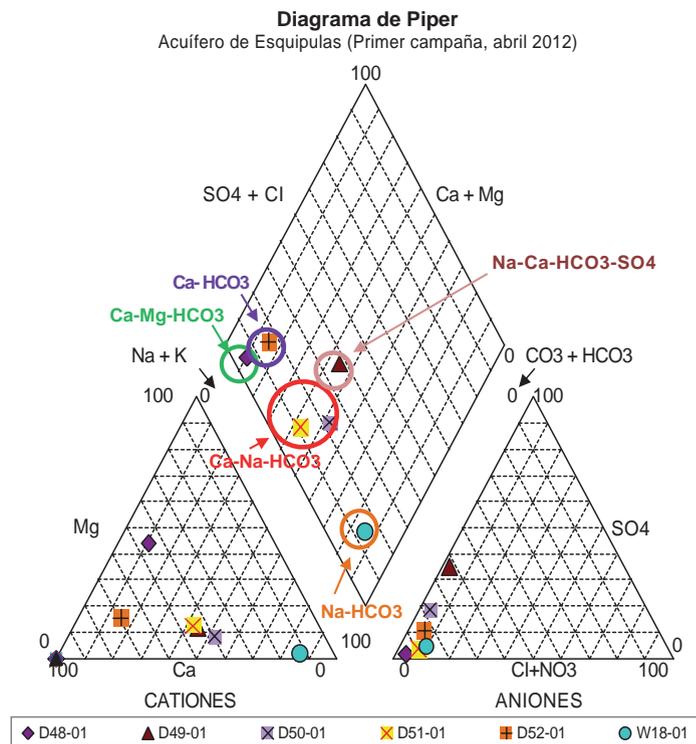
Le corresponde el pozo D49 (pozo Santa María) en época lluviosa y seca. El agua se clasifica como de dureza temporal, agua bicarbonatada cálcica-sódica. No hay variación estacional en las concentraciones de iones mayoritarios.

Por las concentraciones de los iones de calcio, magnesio y bicarbonatos se deduce que el agua es de reciente infiltración, la recarga es de una zona superior de la cuenca, con flujo activo, de recorrido corto, el flujo es local. El tipo de roca según el diagrama de Piper es Basalto – Calcita.

v) Na-Ca- HCO_3 -Cl- SO_4

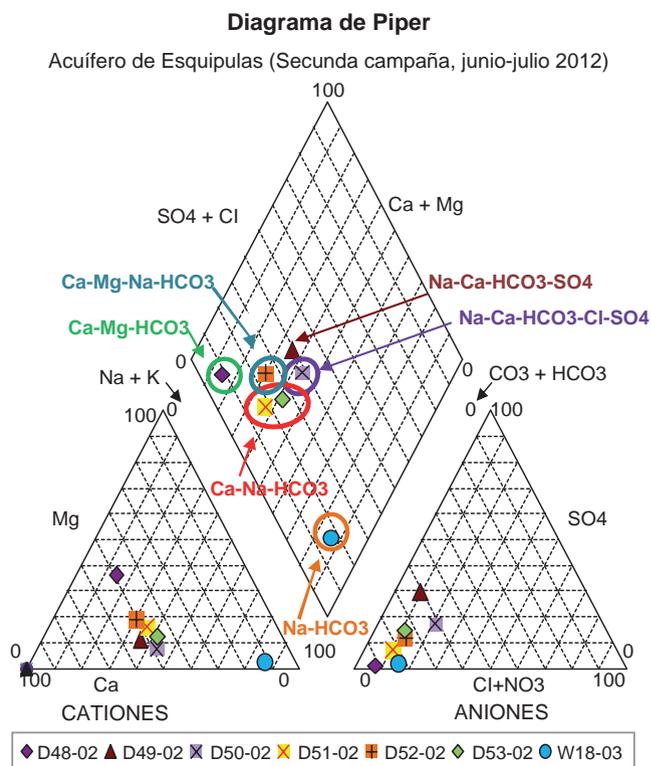
Formada por pozo D50 (época lluviosa). El agua se clasifica como de dureza temporal, agua bicarbonatada sódica-cálcica-bicarbonatada-clorurada-sulfatada. El tipo de roca según el diagrama de Piper es Basalto – Calcita.

Figura 5.1 | Diagrama de Piper para el Acuífero Esquipulas época seca y familias de agua



Fuente: Informe final Proyecto RLA 4085, CTPT.

Figura 5.2 | Diagrama de Piper para el Acuífero Esquipulas época lluviosa y familias de agua



Fuente: Informe final Proyecto RLA 4085, CTPT.

Por medio de diagramas de Stiff, se determinó que el pozo W18 presentó la menor mineralización de los pozos del acuífero Esquipulas; no obstante, corresponde a un acuífero profundo, con un flujo regional por su contenido de sodios, mezclado con un acuífero local, de flujo corto, por su contenido de bicarbonatos. Los pozos excavados pertenecen al acuífero superficial, de flujo intermedio, con aguas predominantemente bicarbonatadas-sódicas. En el acuífero superficial, el sistema de flujo va de las partes altas al valle, enrumbándose a la ciudad de Esquipulas. Para el acuífero profundo, solamente se puede decir que existe un proceso de mezcla, la zona del valle es zona de recarga.

Figura 5.3 | Diagrama de Stiff del agua subterránea en Esquipulas, abril 2012 (época seca)



Figura 5.4 | Diagrama de Stiff del agua subterránea en Esquipulas, promedio junio-julio 2012 (época lluviosa)



5.1.3. CALIDAD DEL AGUA EN EL ACUÍFERO OCOTEPEQUE CITALÁ (HONDURAS/EL SALVADOR)

A. Conductividad eléctrica (CE)

La CE en ríos en época seca osciló entre 42 y 1.024 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los cuales se han agrupado en cuatro grupos, según su mineralización (Cuadro 5.5):

Cuadro 5.5 | Tipos de mineralización que se presentaron en los muestreos de calidad de agua

TIPO DE MINERALIZACIÓN	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	LUGAR DE MUESTREO (código de fuente según cuadro 5a)
Muy débil	42	Manantial S02 (época seca), se considera que se origina por medio de una recarga local, con flujo subsuperficial
Débil	Entre 148 y 173	Manantial S17 y los pozos perforados W07, W08 (época seca) Probablemente proceda de una recarga local, con mayor meteorización que el grupo anterior
Media	Entre 204 a 539	Manantial S01, -pozos excavados D38, D39, D03, D33, D28, D01, y los pozos perforados W16, W02, W14, W15 (época seca)
Importante	1.024	Pozo excavado D47 (época seca). Dicho pozo presentó contaminación antropogénica, debido al alto contenido de nitratos (170,8 mg/l) y cloruros (91,9 mg/l), los cuales fueron los mayores valores registrados en este acuífero

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

En época lluviosa la mineralización débil probablemente proceda de una recarga local, con mayor meteorización que el grupo anterior.

B. pH

Los manantiales y pozos monitoreados presentaron pH de 6,1 a 10,0 de acuerdo a estos resultados las aguas se clasificaron de la siguiente forma (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6 | Clasificación de las aguas según su pH

CLASIFICACIÓN	pH	FUENTE MONITOREADA
Ligeramente ácida	entre 6,1 y 6,5	Manantiales S01 y S17, pozos excavados D03, D28, D33 y D47, pozos excavados W07, W15 (época seca), Pozos de observación WH05, WH02, WH03 y WH04 (época lluviosa). A éstos les correspondería aguas de reciente infiltración.
Neutras	entre 6,6 y 7,5	Pozos excavados D01, D38 y D39, pozos perforados W02, W14, W16 (época seca) Pozo perforado WH01 (época lluviosa)
Muy alcalinas	10	Pozo perforado W08 (época seca). A éste le correspondería un acuífero de tipo intermedio a regional

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

Los manantiales presentan pH similares sin diferenciar en la elevación, al igual que los pozos excavados, lo que indicaría procesos de meteorización de rocas que otorgan una alcalinidad al agua que mantiene valores de pH cercanos, propios de un acuífero superficial.

Por otro lado, respecto a la distribución espacial, en época seca el gradiente de pH tendió a ser menor en la parte norte del acuífero y mayor en el sector sur y oeste; sin embargo, en época lluviosa dicho gradiente se dispersó por la recarga local y meteorización de la roca.

C. Temperatura

Con respecto a la temperatura, las aguas en el acuífero de Ocotepaque-Citalá se clasifican de la siguiente manera (Cuadro 5.7):

Cuadro 5.7 | Tipos de agua de acuerdo a la temperatura que presentaron las fuentes muestreadas

TIPO DE AGUA	TEMPERATURA (°C)	FUENTE MONITOREADA
Aguas Frescas	Entre 22,8 y 27,9	Manantial S17 y pozo perforado W02 (época seca)
Agua tibia	30,9	Pozo perforado W15 (época seca)
Agua muy caliente	90	Manantial S-20 (dato único)

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045.

Se determinó que, al igual que en el acuífero Esquipulas, la temperatura del agua disminuyó con la elevación. De los sitios, solamente uno presentó una temperatura cercana a los 31°C (W15 (época seca)), sin embargo no se cuenta con datos de profundidad del pozo.

En el caso de la relación de temperatura con la CE en los pozos excavados, no se observó que existiera posible influencia hidrotermal en la CE, pero sí existió en los pozos perforados una tendencia de incrementarse la CE cuando hay aumento de la temperatura. El manantial S20 puede dar un indicio de la existencia de un acuífero profundo hidrotermal ya que registró 90°C.

D. Alcalinidad y dureza

Como anteriormente se explicó, se asumió que la alcalinidad de las muestras correspondió en su mayoría a la concentración del ión bicarbonato. Las muestras de manantiales presentaron alcalinidades entre 5 y 140 mg/l, mientras que en pozos la alcalinidad varía entre 40 y 118 mg/l en pozos. Atendiendo los “Criterios elaborados por el Centro Canario del Agua” (Fuente: <http://www.fcca.es/es/cms/productos/alcalino/#75>), las muestras se clasificaron en cuatro grupos (Cuadro 5.8):

Cuadro 5.8 | Grupos de alcalinidad identificado de acuerdo a los parámetros presentados por las muestras

GRUPO DE ALCALINIDAD	PARÁMETRO mg/l	FUENTES MUESTREADAS
Muy baja	5	Manantial S02 (época seca)
Baja	Entre 40 y 49	Manantial S17 y Pozos D01, W08 (época seca) Pozo de observacion WH05 (época lluviosa)
Media	entre 69 y 118	Pozos D03, D33, D38, D39, D47, W07 (época seca) Pozo WH01 (época lluviosa)
Alta	140	Manantial S01 (época seca)

Fuente: elaboración propia con información proyecto RLA 8045

Al correlacionar la alcalinidad con la elevación, se aprecia una tendencia a incrementar la alcalinidad al reducirse la elevación del terreno, principalmente en los manantiales. Esto indica que los sitios más bajos presentan una mayor meteorización de rocas bicarbonatadas que en elevaciones mayores. Por lo anterior, a medida que desciende el nivel del agua, se meteorizan principalmente rocas bicarbonatadas.

E. Oxígeno disuelto (OD)

Los pozos excavados presentaron concentraciones entre 1,8 y 5,0 mg/l, los pozos perforados entre 1,7 y 5,5 mg/l, y los manantiales entre 5,0 y 6,4 mg/l, sin variación significativa respecto a la elevación del terreno. La variación de dichas concentraciones pudieron deberse a presencia de materia orgánica que consume el oxígeno disuelto; sin embargo, no se descarta que los pozos perforados estuvieron en contacto directo con la atmósfera, y los pozos perforados fueron muestreados por medio de bombeo.

Respecto a la CE y la presencia de oxígeno en el agua de los pozos, el segundo tendió a disminuir al aumentar el primero, excepto para los pozos D03 y W08 (época seca). Para el caso de los manantiales, dicha tendencia también se observó entre los sitios S01 y S02 (época seca).

F. Familias químicas de aguas en el acuífero Ocotepeque-Citalá

La representación de datos hidrogeoquímicos en el acuífero Esquipulas está representada en el diagrama de Piper de la Figura 5.5 y el diagrama de Stiff de la Figura 5.6. Se identificaron las siguientes familias de aguas.

■ Primera familia de aguas, Ca-HCO₃

Le corresponden los manantiales S01 (Naciente Sandoval) y S08 (Naciente Aquacatal), y pozo W16 (Pozo Citalá, Citalá) (época seca). Presentaron iones mayoritarios entre 0,03 y 2,03 meq/l, con predominancia de iones calcio (1,2 y 1,75 meq/l) y bicarbonato (1,44 y 2,30 meq/l). El resto de iones mayoritarios presentaron menos de 0,6 meq/l en aniones, y menos de 0,46 meq/l en cationes, siendo los iones cloruros y potasio los que presentaron las más bajas concentraciones (menores a 0,16 y 0,10 meq/l, respectivamente).

Los pozos con mineralización media fueron S01-01 (2,48 meq/l de cationes, 2,41 meq/l de aniones) y W16 (2,98 meq/l de cationes, 3,06 meq/l de aniones). Por otro lado, el manantial S08 (época seca) presentó una mineralización débil (1,70 meq/l de cationes, 1,72 meq/l de aniones).

Por las concentraciones de los iones mayoritarios, se deduce que el agua es de reciente infiltración, con recarga en la zona superior de la cuenca, con flujo activo, de recorrido corto (manantiales) a intermedio (pozo W16 (época seca)), sin mezcla con otros tipos de agua en la zona (como Na-HCO₃).

El tipo de roca según el diagrama de Piper es Basalto (roca ígnea volcánica de color oscuro, de composición máfica —rica en silicatos de magnesio y hierro y bajo contenido en sílice) y Calcita (CaCO₃).

■ Segunda familia de aguas, Na-HCO₃

Abarca a los pozos W02 (Pozo Aduana, El Poy), W07 (Pozo El Yunque), W08 (Pozo Presidio, Ocotepeque), W14 (Pozo Observación Magdalena Pineda, El Poy), D03 (Pozo Adolfo Chinchilla, Santa Anita) (época seca) y WH05 (Pozo Santa Anita Pozo 2) (época lluviosa). Presentaron iones mayoritarios entre 0,04 y 4,08 meq/l, con predominancia de iones sodio (0,8 y 2,65 meq/l) y bicarbonato (0,71 y 4,08 meq/l). El resto de iones mayoritario presentaron menos de 0,42 meq/l en aniones, y menos de 0,95 meq/l en cationes, siendo los iones cloruro, sulfato y magnesio los que presentaron las más bajas concentraciones.

Los pozos con mineralización media fueron W02 (época seca) (4,55 meq/l de cationes, 4,38 meq/l de aniones) y W14-01 (4,46 meq/l de cationes, 4,73 meq/l de aniones). El resto de pozos presentaron una mineralización débil, con 1,15 a 2,16 meq/l de cationes y de 1,07 a 1,89 meq/l en aniones.

Por lo anterior, los pozos W02 y W07 (época seca) corresponden a aguas de flujo intermedio, mientras que los pozos W08, W14, D03 (época seca) y WH05 (época lluviosa) a un flujo local.

■ Familias intermedias con predominancia de HCO_3

i) Ca-Na- HCO_3

Incluye a los pozos D33 (Pozo Cesamo, Antigua Ocotepeque), D39 (Pozo Turicentro Sandoval 2, Antigua Ocotepeque) (época seca) y pozo WH02 (El Poy, La Hermita, piezometro 2) (época lluviosa). Presentaron iones mayoritarios entre 0,06 y 1,87 meq/l, con predominancia de iones calcio (1,05 a 2,14 meq/l), iones sodio (0,68 y 1,89 meq/l), y bicarbonato (1,65 y 3,26 meq/l). El resto de iones mayoritario presentaron menos de 0,35 meq/l en aniones, y menos de 0,74 meq/l en cationes, siendo los iones cloruros y potasio lo que presentaron las más bajas concentraciones,

Los pozos anteriores presentaron mineralización intermedia, con 1,94 a 3,88 meq/l de cationes, y de 2,14 a 4,89 meq/l en aniones.

Los pozos W02 y W07 (época seca) corresponden a aguas de flujo intermedio, mientras que los pozos W08, W14, D03 (época seca) y WH05 (época lluviosa) a un flujo local.

ii) Na-Ca- HCO_3

Incluye a los pozos WH01 (El Poy, La Hermita) y WH03 (El Poy, La Hermita, piezometro 3) (época lluviosa). Presentaron iones mayoritarios entre 0,08 y 1,94 meq/l, con predominancia de iones sodio (0,93 a 1,27 meq/l), calcio (0,87 a 0,90 meq/l), y bicarbonato (1,59 y 1,94 meq/l). El resto de iones mayoritario presentaron menos de 0,33 meq/l en aniones, y menos de 0,35 meq/l en cationes, siendo los iones cloruros y potasio lo que presentaron las más bajas concentraciones.

Los pozos anteriores presentaron mineralización de débil a media, con 2,25 a 2,67 meq/l de cationes, y de 2,19 a 2,44 meq/l en aniones, correspondiendo a un flujo intermedio. Similar a la familia Ca-Na- HCO_3 , se determinó que el agua de esta familia meteoriza rocas que se componen de anhidrita, aragonita, calcita, crisotilo, dolomita, yeso, halita, sepiolitas, sílice, talco, principalmente, y precipitación de cuarzo y Calcedonia.

iii) Na- HCO_3 -Cl

Pertenece el manantial S02 (Naciente río Sumpul) (época seca). Presentó una composición similar a la familia Na- HCO_3 , pero con una mineralización muy débil: 0,1 meq/l de sodio, 0,09 meq/l de bicarbonato y 0,06 meq/l de cloruros. Dicha composición corresponde a aguas de muy reciente infiltración, con un flujo muy corto del agua.

iv) Na-Ca- HCO_3 - SO_4

El pozo perforado W15 (Pozo Observación Concepción, Santa Fe) (época seca). Presentó una mineralización media: 2,32 meq/l de sodio, 1,56 meq/l de calcio, 2,56 meq/l de bicarbonato y 1,46 meq/l de sulfatos. Dicha composición corresponde a aguas de flujo intermedio, que atraviesa una matriz rocosa que posee sulfatos, o una posible mezcla con aguas más profundas o regionales.

v) Ca-Na- HCO_3 -Cl

Incluye al pozo D38 (Pozo Turicentro Sandoval 1, Antigua Ocotepeque) (época seca). Presentó una mineralización media: 0,80 meq/l de calcio, 0,69 meq/l de sodio, 1,73 meq/l de bicarbonato y 0,90 meq/l de cloruro. Dicha composición corresponde a aguas de flujo local, con posible mezcla con aguas ricas en cloruro.

vi) Ca-Na-HCO₃-NO₃

Incluye al pozo WH04 (Pozo Turicentro Sandoval 1, Antigua Ocote El Poy, La Hermita, piezómetro 4) (época lluviosa). Presentó una mineralización media: 1,5 meq/l de calcio, 1,29 meq/l de sodio, 1,72 meq/l de bicarbonato y 0,80 meq/l de nitrato. Dicha composición corresponde a aguas de flujo local, con posible mezcla con aguas contaminadas con nitratos, como el caso de aguas residuales ordinarias.

vii) Ca-Mg-Na-HCO₃-SO₄

Pertenece el manantial S17 (Naciente río Teosinte) (época seca). Presentó una mineralización débil: 0,50 meq/l de calcio, 0,42 meq/l de sodio, 0,40 meq/l de magnesio, 0,77 meq/l de bicarbonato y 0,63 meq/l de sulfatos. Dicha composición corresponde a aguas de reciente infiltración, con un flujo corto del agua.

■ Familias intermedias con predominancia de Cl y nitratos

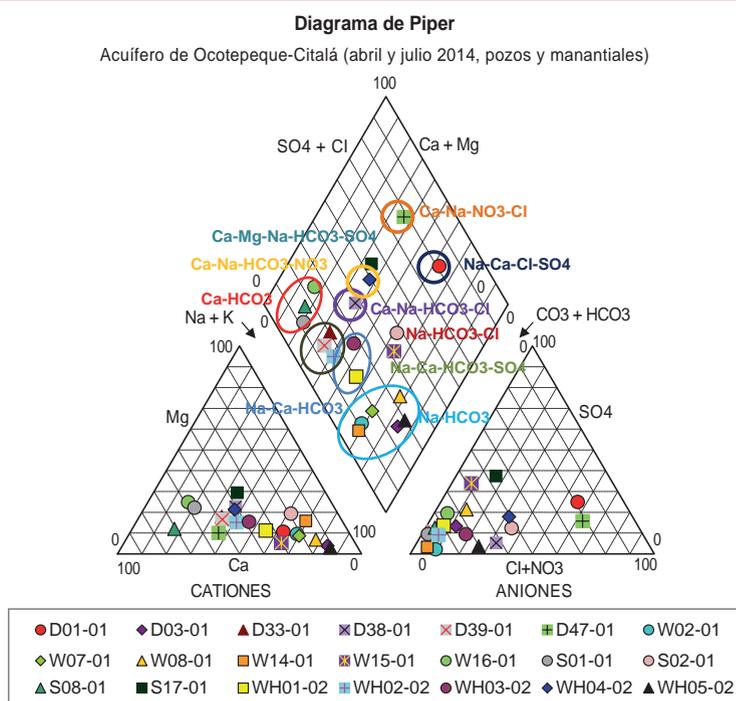
i) Na-Ca-Cl-SO₄

Se encuentra el pozo D01 (Pozo Quintin Palacios, Santa Fe) (época seca). Presentó una mineralización media: 1,77 meq/l de sodio, 0,99 meq/l de calcio, 1,21 meq/l de cloruros, 0,85 meq/l de sulfatos. Dicho pozo podría presentar contaminación en el agua.

ii) Ca-Na-NO₃-Cl

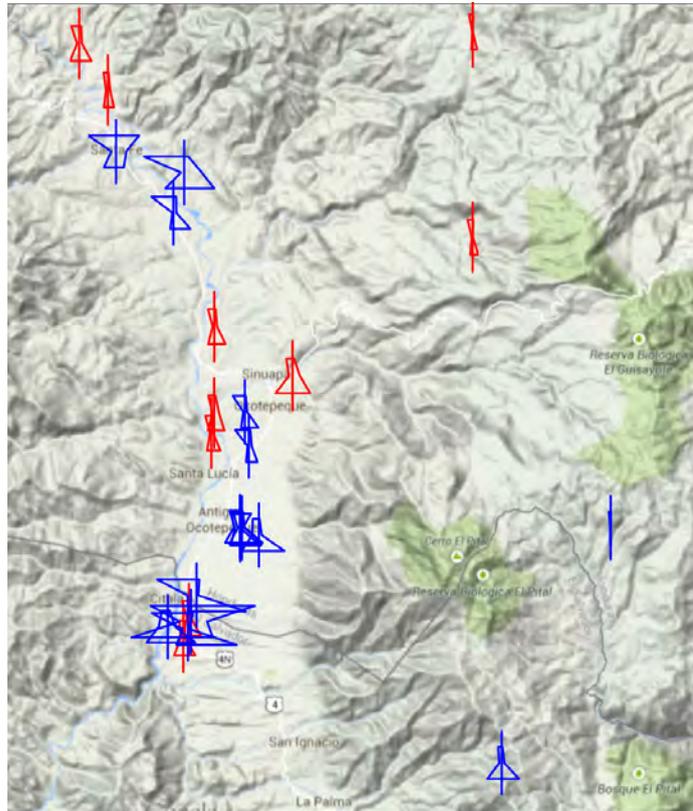
El pozo D47-01 (Pozo Maria Emelinda, El Poy). Presentó una mineralización importante: 4,93 meq/l de calcio, 2,73 meq/l de sodio, 2,75 meq/l de nitrato, 2,57 meq/l de cloruro. También contiene cantidades importantes de bicarbonato (1,83 meq/l) y sulfatos (1,33 meq/l). Dicho pozo podría presentar contaminación en el agua.

Figura 5.5 | Diagrama de Piper para el acuífero Ocotepeque-Citalá y familias de agua



Fuente: Informe final Proyecto RLA 4085, CTPT - 01 = época seca - 02 = época lluviosa.

Figura 5.6 | Diagrama de Stiff del agua subterránea en Ocotepeque (Honduras), abril y julio 2014



Fuente: Informe final Proyecto RLA 4085, CTPT.

5.2. Fuentes de contaminación del agua subterránea, vulnerabilidad y riesgo de contaminación

Una diversidad de fuentes de contaminación se observa en la zona, tales como los residuos sólidos domésticos, aguas residuales procedentes de uso doméstico, productos químicos utilizados en la agricultura (fertilizantes, herbicidas y pesticidas), aguas residuales y residuos sólidos de procesamiento agroindustrial, estaciones de servicio y el almacenamiento de productos de hidrocarburos en tanques enterrados. No hay saneamiento adecuado en muchas comunidades en donde las aguas residuales y residuos sólidos son vertidos sin tratamiento a las corrientes fluviales ya que no hay instalaciones de tratamiento de residuos y vertederos controlados.

El agua superficial en el río Lempa y la mayoría de sus afluentes se expone directamente a diversas fuentes de contaminación y por lo tanto sufre de la contaminación de coliformes, bajo contenido de oxígeno disuelto, alta Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y metales pesados, que reducen significativamente la idoneidad de esta agua para diferentes usos, a menos que se trate. Las aguas subterráneas de la zona están expuestas a fuentes de contaminación similares, pero son menos vulnerables que las aguas superficiales, especialmente por la mayor profundidad y si están protegidas por un acuitardo suprayacente. El aluvión de poca profundidad es bastante vulnerable, pero no hay información disponible sobre el estado actual de contaminación.

5.2.1. VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

Los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá presentan características similares: aluviones poco profundos (aproximadamente 30 metros) que subyacen un acuitardo (espesor de aproximadamente 60 m) por debajo del cual se encuentra un acuífero confinado profundo (fracturado). Por exponerse más a la superficie, los aluviones están más propensos a la contaminación, mientras que el acuífero confinado profundo tiene un riesgo de contaminación menor.

Se realizó una primera aproximación a la vulnerabilidad de los aluviones con la aplicación del método denominado GOD, el cual toma en cuenta tres parámetros básicos:

- grado de confinamiento hidráulico (tipo de acuífero)
- ocurrencia del sustrato suprayacente (litología de la cobertura)
- distancia al nivel del agua subterránea (no confinados) o al techo del acuífero (confinados)

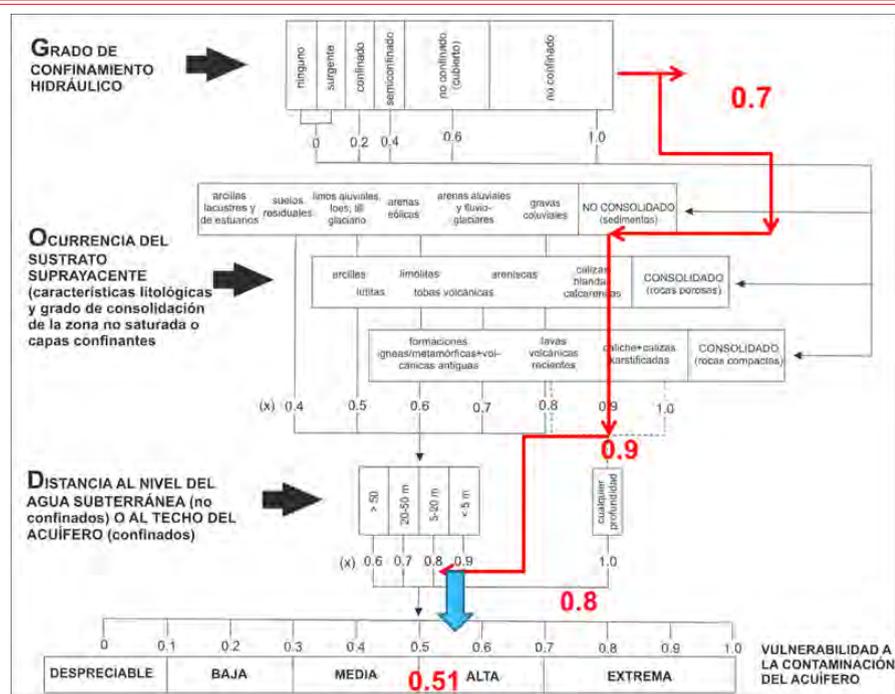
En cuanto al primer parámetro, se evaluó como siendo un acuífero libre, es decir que tiene conexión con la superficie a través de poros interconectados.

El tipo de litología de cobertura se refiere al tipo de material que constituye la capa superficial, en este caso son sedimentos no consolidados. La profundidad media del agua subterránea del acuífero libre es de 10 metros en promedio.

Al aplicar este método, los resultados indican que la vulnerabilidad de los aluviones en los Valles de Esquipulas y Ocotepeque-Citalá va de alta a extrema, por lo que es de vital importancia prevenir cualquier acción o riesgo de contaminación.

Con respecto al acuífero fracturado más profundo, la presencia del acuitardo que lo separa de los aluviones, da como resultado una vulnerabilidad muy baja a despreciable.

Figura 5.7 | Aplicación del Método GOD para la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de los aluviones de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá



Fuente: Taracena J. 2015. Informe final Consultoría Proyecto Estudio de caso Acuífero Trifinio.

5.2.2. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En el área se encuentran diversas fuentes de contaminación de los recursos hídricos; se detallan a continuación las más relevantes.

A. Desechos sólidos depositados en botaderos a cielo abierto (lixiviados):

En general, en la zona de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá, no existe una buena gestión de los desechos sólidos. Además de los botaderos oficiales existen muchos clandestinos que provocan que de una u otra forma lleguen los contaminantes a los cuerpos de agua.

Se determinó que únicamente en el lado salvadoreño se tiene un proyecto de manejo de desechos sólidos, gestionado por el MIDES (grupo de economía mixta privado-alcaldías).

En Olopa también se ha comenzado a trabajar en este tema y se cuenta con una planta de tratamiento que fue donada por la Cooperación Española y que está iniciando a funcionar.

Cuadro 5.9 | Información obtenida sobre el destino de los desechos sólidos en algunos de los Municipios del Área de Estudio

PAÍS	Ciudad	Habitantes (año 2011)	Desechos sólidos
Guatemala	Esquipulas	21.000	6 botaderos a cielo abierto,
Honduras	Nueva Ocotepeque	8.000	1 botadero a cielo abierto
El Salvador	La Palma	8.000	1 botadero a cielo abierto a 300 mts del río Nunuapa
	Citalá	3.000	1 botadero a cielo abierto
	San Ignacio	2.000	1 botadero a cielo abierto

Fuente: Diagnóstico Ambiental 2012, CATIE.

En todos los casos, los centros poblados depositan los desechos a cielo abierto en instalaciones inadecuadas, sin impermeabilización ni criterios técnicos mínimos. Una estimación conservadora de desechos sólidos para estos centros poblados del área, asumiendo un promedio de generación de 0,35 kg/hab/día⁷ para los centros pequeños y 0,50 kg/hab/día para los más grandes, arroja una cantidad de 25,3 toneladas diarias. Este volumen se incrementa considerablemente en las ciudades turísticas como Esquipulas⁸ y La Palma, especialmente en fines de semana, época de vacaciones y fiestas. Además se agregan los desechos recolectados de la limpieza diaria, lo que puede incrementar en promedio un 25% la recolección, arrojando un total de aproximadamente 36 toneladas diarias. Tomando en cuenta las características de los desechos sólidos de las ciudades de esos rangos de habitantes, entre el 60 y 75% de estos desechos son materiales orgánicos aptos para tratamientos biodegradables como el compostaje.

B. Aguas residuales domésticas

En el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá se encuentran ubicados centros poblados que generan impactos ambientales debido a la inadecuada disposición de desechos líquidos. En el siguiente cuadro se presenta el destino de los desechos líquidos dentro del área de estudio.

7. Análisis sectorial de los residuos sólidos en El Salvador. OPS, 1998, citado en PNOTD, 200.

8. Según la Alcaldía Municipal de Esquipulas, para la ciudad la recogida total de basuras es de 16 t/día incrementándose hasta 25 t/día los fines de semana. Un tercio de estos residuos procede de la limpieza viaria.

Cuadro 5.10 | Ciudades y destino de los desechos líquidos

Ciudad	Aguas residuales domésticas
Esquipulas	A quebrada, río Atulapa
Nueva Ocotepeque	Río Frío
La Palma	Río La Palma tributario del río Nunuapa
Citalá	Río Lempa
San Ignacio	Río San Ignacio

Fuente: Alcaldías Municipales, Censos de población.

Como se puede observar, las redes de alcantarillado de los centros poblados principales presentes en la zona descargan las aguas residuales directamente a los cauces naturales de los ríos y quebradas, con escaso o sin ningún tratamiento. Además se suma la existencia de vertidos de lotificaciones y sectores urbano- marginales. Realizando un estimado de acuerdo a la población, se considera una producción de 11.400 m³/día⁹ (0,13 m³/s) de aguas residuales generadas por la población.

La contaminación de los cuerpos de agua receptores puede afectar al acuífero superficial de donde algunas personas extraen agua para consumo doméstico, aumentando los problemas de salud que ocasiona esta contaminación e incrementando el deterioro de la calidad de vida. Además en el área rural no existen niveles importantes de coberturas de servicio de alcantarillado por tubería.

El tratamiento de las aguas residuales implica inversiones en infraestructuras y gastos de operación (energía, mantenimiento). Por ese motivo cuando llega el momento de asignar recursos financieros por parte de las municipalidades, sucede muy a menudo que los planes de saneamiento son postergados. La decisión de no pagar por el tratamiento de las aguas residuales resulta finalmente en costos en salud. Otro costo indirecto de la contaminación de los sistemas naturales es el deterioro de los ecosistemas.

C. Disposición de excretas

La contaminación por esta fuente se genera debido a los bajos niveles de cobertura de letrinas y a sistemas inadecuados de disposición de excretas. En el siguiente cuadro (Cuadro 5.11) se aprecian los porcentajes de cobertura general de letrinas para cada uno de los países que comparten frontera en Trifinio.

Cuadro 5.11 | Cobertura de letrinas por país en el área rural del Trifinio

País	% de cobertura de letrinas del área rural
Guatemala	40,9
El Salvador	58,8
Honduras	54,2

Fuente: ICI, APESA, NORAGRIC (2000).

Tal como puede apreciarse, la letrinización en el área rural presenta aún bajos porcentajes de cobertura; generalmente es aún menor en los sitios más distantes y las áreas marginales o semiurbanas en los municipios. Además de los bajos niveles de cobertura, existe subutilización o uso inadecuado de los sistemas.

9. Calculado con base en el consumo promedio de agua por familia de 30 m³ al mes.

D. Beneficiado artesanal de café

En el lado guatemalteco y hondureño hay importantes extensiones de cultivo de café, que genera una actividad agroindustrial significativa, de la cual se producen mieles y pulpa de café. El beneficiado que se realiza es generalmente húmedo; utiliza agua en gran cantidad, que queda alterada con una alta concentración de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La producción de mieles y pulpa de café se concentra en los meses de diciembre a abril de cada año, con mayor énfasis en el mes de febrero, cuando el caudal en los cuerpos de agua es de estiaje y la oportunidad de dilución es muy baja. Adicionalmente todos los beneficios trabajan simultáneamente y por ello el caudal de aguas mieles es mayor, produciendo finalmente una alta concentración de la contaminación en los cuerpos de agua receptores de las descargas.

En el beneficio húmedo del café se generan tres diferentes contaminantes: aguas de despulpado, aguas de lavado y la pulpa cuando es vertida a los ríos. El beneficiado húmedo de un kilogramo de café verde provoca, mediante la generación de las aguas de lavado y despulpado, una contaminación aproximada a la generada por 4 personas adultas durante un día¹⁰.

En el área de la Cuenca Alta del Río Lempa se consideran estimaciones de 960.000 quintales¹¹ de café verde procesados al año, que implica una contaminación equivalente a la de una ciudad de 480.000 personas al año. Sin embargo, el territorio mitiga los efectos de la contaminación debido a la gran capacidad que tienen los ríos de montaña, que predominan en las zonas cafetaleras, de limpiarse a sí mismos a través de la aeración (producto de las altas pendientes y cauces muy rocosos).

E. Contaminación por agroquímicos

Los principales productos agrícolas producidos en la región son café, hortalizas y granos básicos, para los cuales se requiere el uso de insumos químicos que aseguren la producción “comercializable”. Si bien los plaguicidas y fertilizantes ofrecen una respuesta temporal a los problemas de plagas y fertilidad limitada, crean efectos colaterales tales como riesgos de intoxicación en las comunidades rurales, resistencia en las plagas, aparición de nuevas plagas, residuos de plaguicidas en el medio ambiente y los alimentos, deterioro de los suelos. A pesar de este balance desfavorable, persiste la práctica del uso para garantizar la seguridad de las cosechas, donde diferentes agentes productivos – agricultores, técnicos, oficiales bancarios de crédito y planificadores del gobierno – asumen que los plaguicidas son necesarios para una agricultura productiva de bajo riesgo.

Para producir café en la región Trifinio, donde el sistema tecnificado era relativamente nuevo (no mayor de 20 años), se hacían uso de dosis altas de fertilizantes y funguicidas, así como algunos insecticidas sobre todo destinados al control de broca. Con la reducción de los precios del café, el uso de insumos se ha reducido drásticamente llegando hasta el abandono de fincas o mantenimiento con utilización de mínimas cantidades de agroquímicos. Aun así existe la preocupación por los efectos de años de aplicaciones altas de fertilizantes en los suelos, que podrían haber provocado salinidad de los mismos (no existen estudios de este y otros posibles efectos). Las tendencias del uso de agroquímicos en este rubro están correlacionadas con los precios internacionales del café.

10. Estimación CATIE con base en datos reportados para Costa Rica por Pujol, 2004.

11. 1 Quintal = 46 Kgs. = 4 Arrobas = 100 lb.

Los productores hortícolas realizan aplicación de agroquímicos principalmente para controlar las plagas, utilizando aproximadamente el 50% de los costos de producción en este rubro. En promedio para la producción de hortalizas en un ciclo de cultivo se utilizan 8 kg de funguicidas, 6 litros de insecticidas, 2 litros de herbicidas y alrededor de 11 quintales de fertilizante por manzana. Las aplicaciones se realizan con un solo producto o mezclas de acuerdo a la capacidad de obtener el producto, recomendación, incidencia de la plaga, se realizan con frecuencias de 2 a 3 días en base a calendarios recomendados o sugerencias de técnicos.

Una de las formas indirectas de contaminación es la presencia de residuos de plaguicidas en productos de consumo como cosechas o agua para consumo humano. En un estudio realizado entre 2001 y 2002 por la Municipalidad de Ocotepeque en muestras de agua superficial para consumo doméstico y agua pura embotellada a nivel local, se encontraron niveles por encima de los permisibles de ortofosfatos y nitritos, indicadores de contaminación por agroquímicos. Los ortofosfatos son indicadores de presencia de plaguicidas organofosforados y los nitritos de contaminación por fertilizantes, característicos del uso extremo en la zona.

Cuadro 5.12 | Calidad de agua en el Departamento del Ocotepeque

FUENTE	BACTERIAS	COLIFORMES	TURBIDEZ	OrtF*	Nitrito**
Río Quilo, Santa Anita Concepción 30/5/2002	+	+	7,0	0,4	0,02
Río Tula, Ocotepeque 10/5/2001	+	+	7,0	1,10	0,017
Agua Purificada 4/3/2002	+	-	-	2,75	0,001
Limite permisible	-	-	1-5	0,1	,005

Fuente: Municipalidad de Ocotepeque, 2002. – * Residuos Clorados, OrgF – ** Descomposición MO. Fertilizantes – + = Presencia de bacterias, - = Ausencia de bacterias.

5.3. Agotamiento de las aguas subterráneas por el sobreuso

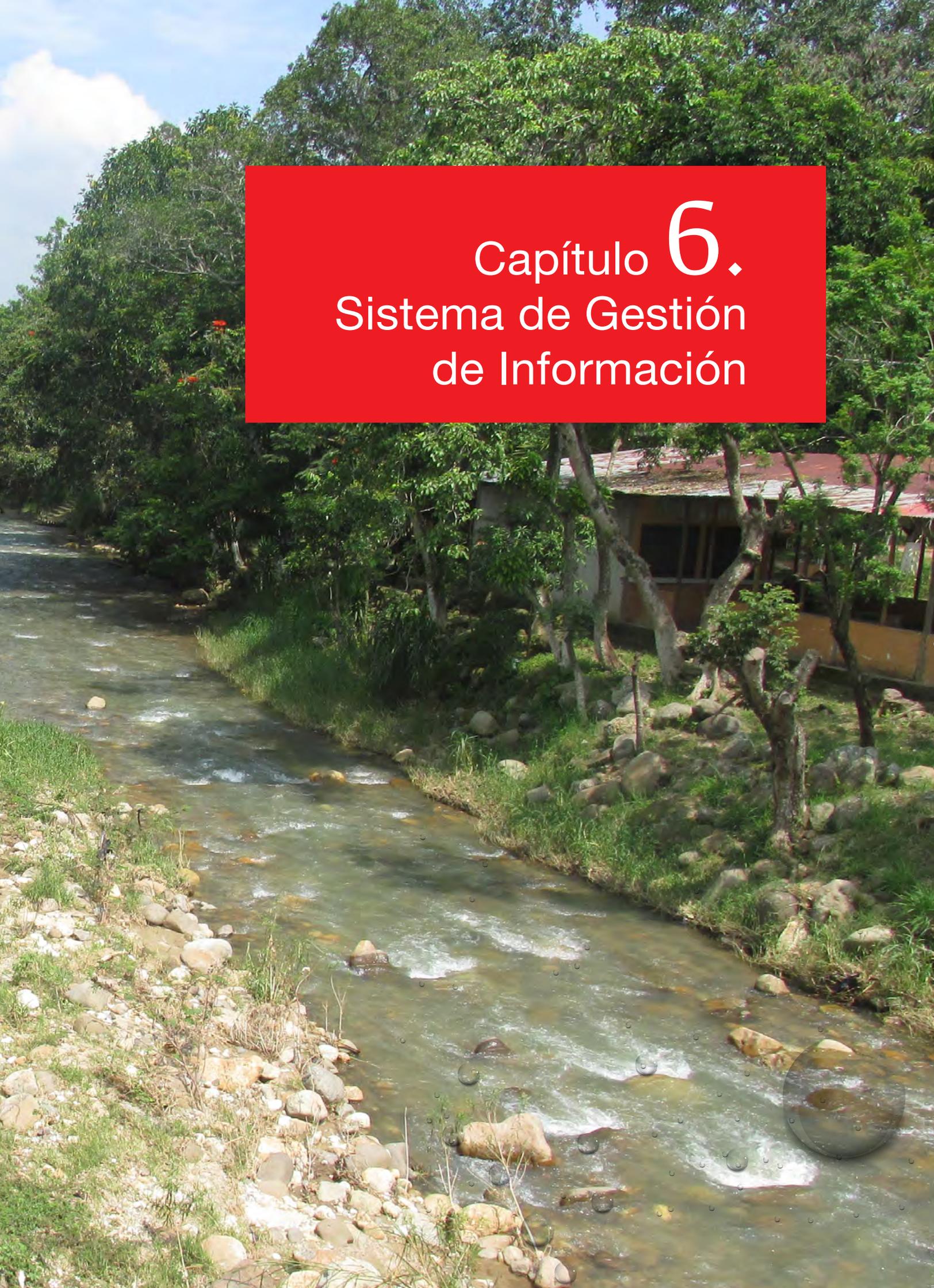
En el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá no se ha presentado aún la problemática de agotamiento por el sobreuso de las aguas subterráneas, pero si se sigue realizando un aprovechamiento de forma desordenada, sin tener lineamientos que permitan realizar una gestión adecuada del agua subterránea, ésta es una problemática que puede presentarse a mediano plazo.

Como se pudo comprobar en el estudio, especialmente en el acuífero Esquipulas, el acuífero profundo tiene rendimientos bajos. Por esta razón es importante desde ya iniciar con una estrategia para un aprovechamiento racional del recurso y programar intervenciones encaminadas en la protección, recuperación y manejo sostenible de las principales áreas de recarga hídrica.

5.4. Escasez de agua debido a la variabilidad y el cambio climático

En el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá se ha observado un déficit hídrico que se puede atribuir en parte a los efectos de la variabilidad y cambio climático. Un elemento es el incremento de la duración de la época seca, y otro son periodos de lluvias fuertes que no permiten la infiltración hídrica que contribuya a la recarga de los acuíferos. Se ha observado una disminución en los caudales de los manantiales así como la duración de disponibilidad de agua durante el año: fuentes que antes eran permanentes ahora son intermitentes (disponibles sólo durante la época lluviosa).





Capítulo 6. Sistema de Gestión de Información

6.1. Introducción

El Sistema de Gestión de la Información (IMS) del proyecto GGRETA tiene dos áreas de trabajo diferentes: el usuario público, de libre acceso para cualquier persona con acceso a Internet, y el espacio de trabajo protegido, al cual se accede mediante una contraseña disponible exclusivamente para usuarios registrados y autorizados GGRETA. En este espacio de trabajo protegido los usuarios pueden gestionar la información relacionada con las aguas subterráneas del acuífero o de la región que son responsables. Al usuario público se le permite en general navegar a través de una vista de mapas y búsqueda de información, tales como valores agregados o datos distribuidos espacialmente que se han recolectado durante la ejecución del proyecto.

El visor GGRETA contiene:

- Una vista de mapas para visualizar los datos y la información sobre una ubicación geográfica
- Un catálogo con todas las capas de mapas con datos estructurados de una manera sistemática
- Un panel de características que ofrece una salida tabular de los datos

El GGRETA IMS proporciona a los usuarios una plataforma en línea para recoger constantemente, organizar, analizar y difundir la información recopilada para la evaluación de los acuíferos transfronterizos. La disponibilidad de un sistema de información común facilita la cooperación entre los estados de los acuíferos y proporciona una herramienta para todos los actores involucrados en la gestión de los mismos (UNESCO-PHI y IGRAC, 2015).

6.2. Papel del IMS en la gobernanza de las aguas subterráneas del área del Trifinio

Para habilitar el almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos recogidos se ha desarrollado un sistema de gestión de la información en línea. Este IMS opera como una plataforma de intercambio de datos e información entre los países para la evaluación y gestión del acuífero transfronterizo. El portal de gestión de la información se integra en el Sistema Global de Información de Agua Subterránea (Global Groundwater Information System - GGIS por sus siglas en inglés) mantenido por IGRAC. El GGIS está utilizando el estado abierto y extensible de la tecnología más avanzada, por lo que es posible conectar a más y más variadas fuentes de datos externas y sistemas en Internet.

Lo que pueden hacer los usuarios en el GGRETA IMS

- Almacenar y visualizar los indicadores, variables, mapas temáticos, documentos e imágenes
- Analizar y discutir los resultados en un espacio de trabajo protegido antes de hacerlo públicamente visibles
- Añadir capas de mapas de fuentes externas que hacen uso de los servicios de mapas Web (WMS)
- Generar nuevas piezas de información mediante la creación de superposiciones de mapas temáticos
- Construir consultas avanzadas en las tablas de atributos

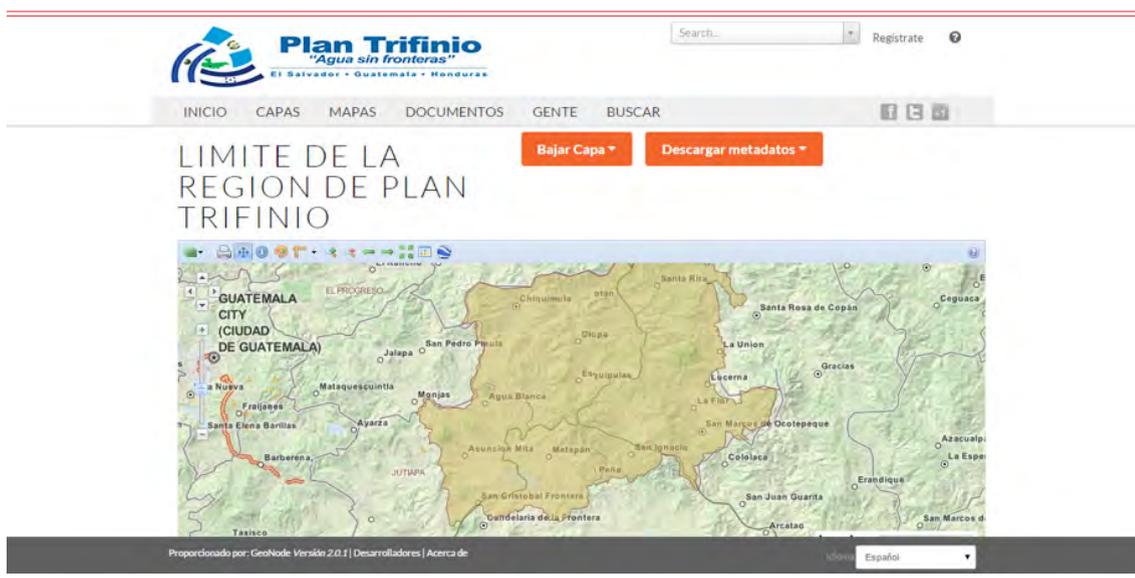
6.3. Base de datos sobre aguas subterráneas de la región Trifinio (Plan Trifinio)

El Plan Trifinio, al inicio del proyecto, no contaba con una base de datos estructurada que le permitiera tener información actualizada para la toma de decisiones de los actores claves, a pesar de algunos esfuerzos que se habían llevado a cabo con anterioridad. Una de las grandes contribuciones del proyecto ha sido lograr la armonización de toda la información luego de realizar una recopilación de todo lo generado, así como un análisis y ordenamiento para contar ahora con una base de datos organizada y codificada que permite tener acceso a la información de forma sencilla. Esta base de datos del sistema de información geográfica fue creada con el objetivo de apoyar en la toma de decisiones con información importante y estratégica sobre el manejo de los recursos naturales y especialmente para la gestión de los recursos hídricos, particularmente los subterráneos en los tres países en esta zona fronteriza.

6.4. Sistema de información (Portal Web)

El Plan Trifinio, una vez generada la base de datos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha iniciado la gestión para el diseño, desarrollo e implementación de un portal Web o servidor de mapas al servicio de los proyectos que trabajan en la región; esta herramienta está en desarrollo y se prevé su funcionamiento para el presente año. La plataforma servirá además para la publicación de datos de las inversiones de los tres países; también se espera que facilite la interoperabilidad para la publicación de datos de los principales indicadores de monitoreo de aguas subterráneas a través del vínculo con la plataforma de GGRETA, en la que ya se ha iniciado la publicación de las primeras capas temáticas referidas a los acuíferos Esquipulas y Ocoateque-Citalá.

Figura 6.1 | Diseño del Portal Web de la Región Trifinio



La Figura 6.1 es el diseño de avance con lo que será el Portal Web de la Región Trifinio; este es un proceso importante que se ha fortalecido con apoyo del proyecto GGRETA-Trifinio, a través del cual se ha consolidado la institucionalidad del SIG en dos aspectos: fortalecimiento de capacidades del personal a través de “Capacitación en Sistemas de Información Geográfica” y la donación de equipo para el Sistema de Información, el cual consiste en un Servidor, Computadora y dispositivos de almacenamiento, análisis, procesamiento e impresión de datos. Este equipo se complementa con GPS y un Plotter (Impresora) que permite la generación de información de acuerdo a la necesidad de los usuarios.

6.4.1. INTERFASE TRIFINIO Y GGRETA

La base de datos SIG estructurada del Plan Trifinio mencionada anteriormente es el resultado de un proceso que comenzó con la recopilación de elementos cartográficos e información histórica y de estudios realizados por los proyectos del Plan Trifinio. Toda la información de diferentes fuentes (Bases SIT_CARL, SIG Bosques y Agua, SIG_TRIFINIO, SIG_CTPT y otros SIG o SIT) se consolidó en sola base de almacenamiento debidamente geo-referenciada.

Según el inventario de la información ya clasificada, se registran 118 objetos geográficos en seis grupos temáticos: Cartografía Básica (32), Sistema de Asentamientos Humanos (13), Sistema Económico (18), Sistema Físico Ambiental (45), Sistema Político Institucional (4) y Sistema Sociocultural (6).

La información disponible y la nueva información generada por el proyecto se han integrado en el Sistema Global de Información de Agua Subterránea (GGIS) al que se accede a través de <https://ggis.un-igrac.org/ggis-viewer/viewer/sdc/public/>. GGIS está basado en GeoServer, plataforma abierta que ofrece servicios WEB.

Se han iniciado las publicaciones de los resultados en dicha plataforma. Resultados de este proceso se muestran en las figuras siguientes.

Esta información solo se puede acceder a ella si se tiene un usuario y una contraseña, hasta que las autoridades de la Región Trifinio, en coordinación con los equipos del proyecto GGRETA, decidan que capas pueden estar disponibles al público en general.

Se espera que el contenido del IMS de GGRETA se actualizará y ampliará, con el fin de ofrecer servicios de información apropiados para los tomadores de decisiones y otros actores involucrados en la gobernanza de los sistemas de acuíferos de la región.

Se espera también que en 2016 se logre un enlace operativo efectivo entre el IMS de GGRETA y el portal web de Trifinio.

Figura 6.2 | Unidades Geológicas en la Región Trifinio

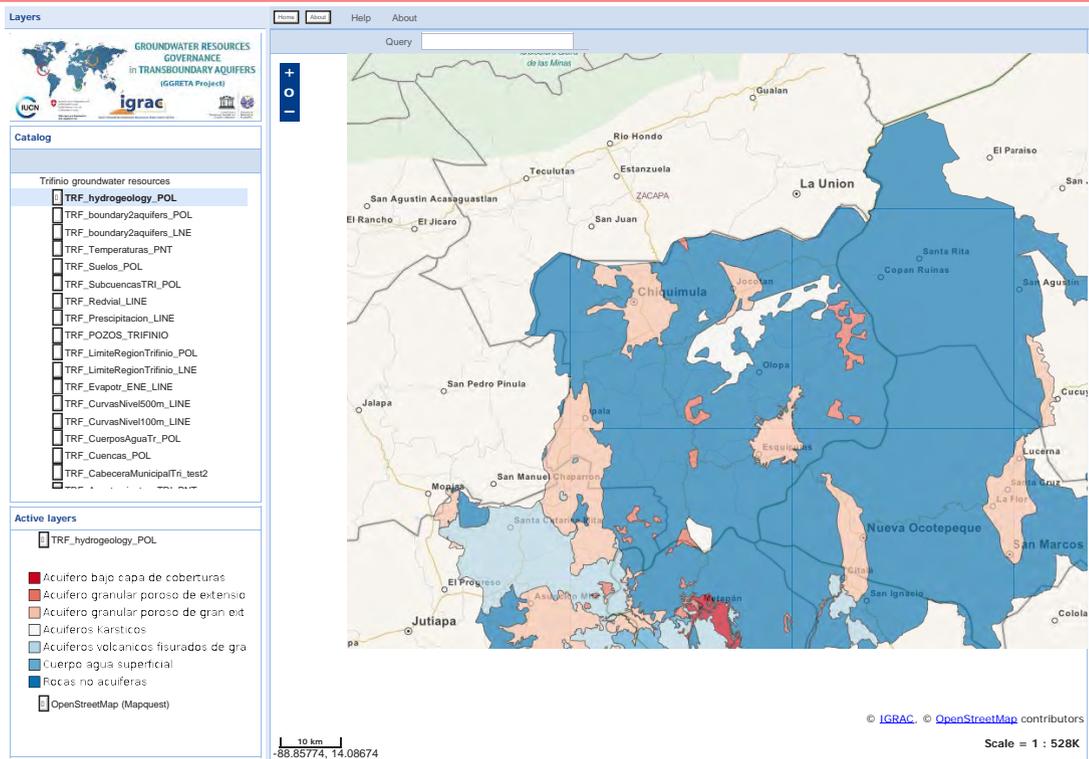


Figura 6.3 | Curvas de Nivel o relieve en la Región Trifinio

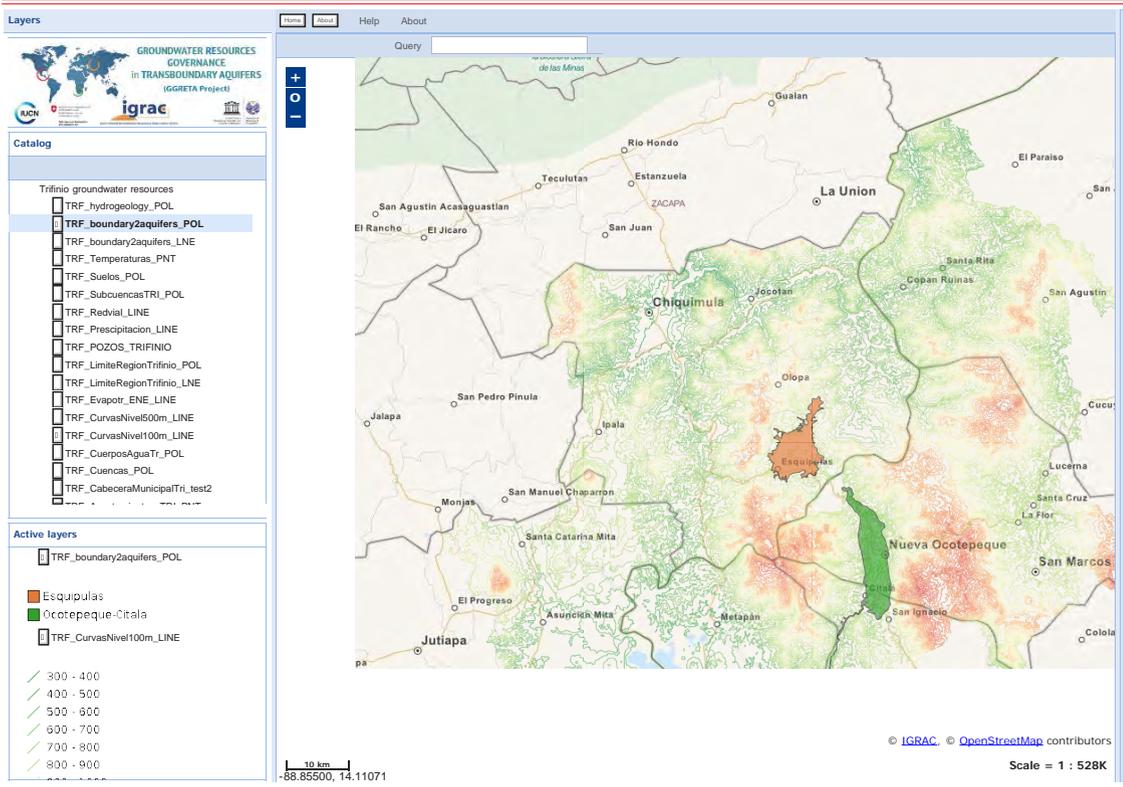


Figura 6.4 | Clasificación de Suelos en la Región Trifinio

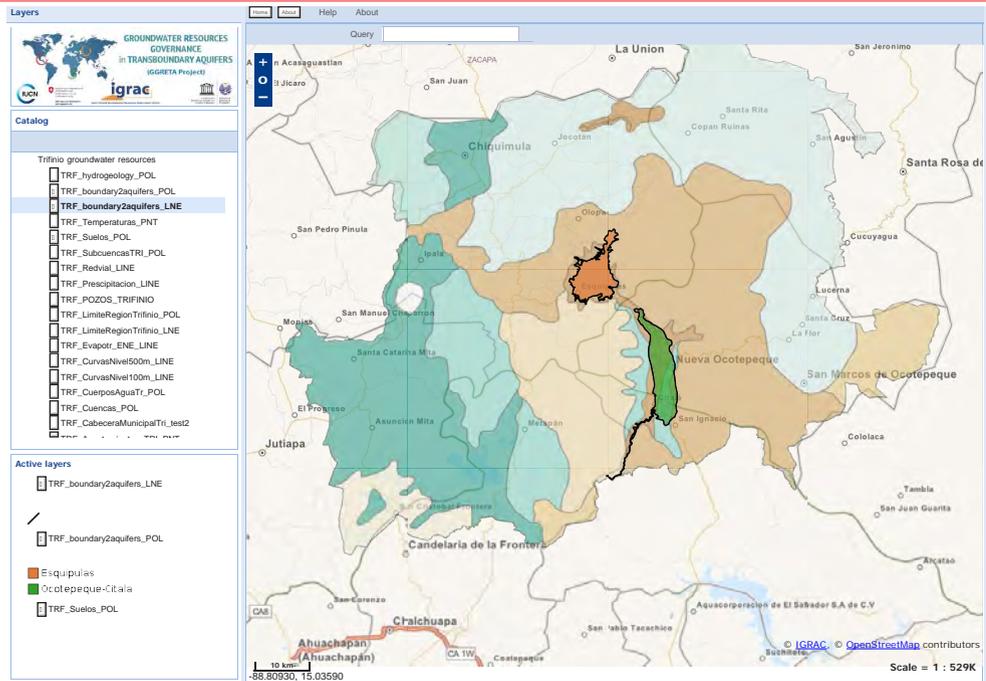
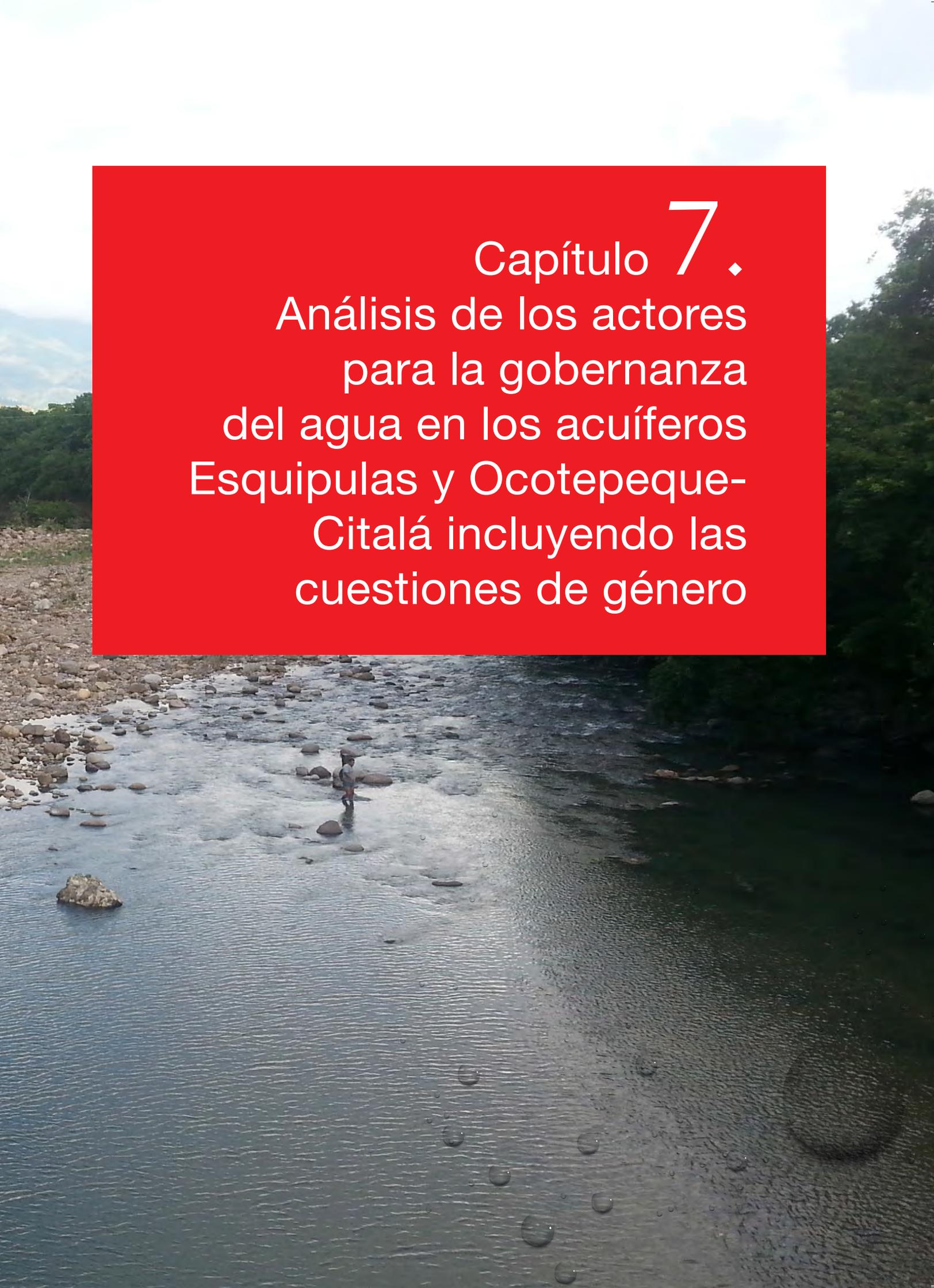


Figura 6.5 | Capas de mapas que han sido subidos al portal GGRETA-IMS a enero de 2016

igrac					My profile luisguifarro.edu@gmail.com		
ID	Layer Name	Owner	Status	Upload Date	Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_Region briefs	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW	2015-11-24 07:08:04.045856	Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	OtherTRF_boundary	igrac	NEW	2016-01-22 14:02:46.254838	Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_NivelPiezometrico_LNE	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_boundary_Zaquifers_LNE	igrac	NEW	2016-01-22 14:02:46.254838	Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_curvas_100m_PNT	igrac	NEW	2016-01-22 14:02:46.254838	Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_Direcciondeflujo	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_LimiteAcuifero_POL	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_SEV_PNT	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_AH_0a2000	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_AH_2000a5000	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_AH_5000a10000	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_AH_25mila50mil	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_Temperaturas_LNE	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_ConosVolcanicos_POL	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_EstructurasVolcanicas_LNE	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_FallasGeologicas_LNE	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_Manantiales_PNT	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_PozosExcavados_PNT	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_PozosPerforados_PNT	luisguifarro.edu@gmail.com	NEW		Upload SLD	Make public	Delete
lc_14c_protected	TRF_POZOS_TRIFINIO	igrac	NEW	2016-01-22 14:02:46.254838	Upload SLD	Make public	Delete





A photograph of a person wading in a shallow, rocky river. The person is in the center of the frame, carrying a large, flat object on their head. The river is filled with numerous rocks of various sizes, and the water is clear. The background shows a lush green forest under a cloudy sky. A large red rectangular box is overlaid on the top half of the image, containing white text.

Capítulo 7.

Análisis de los actores para la gobernanza del agua en los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque- Citalá incluyendo las cuestiones de género

7.1. Actores a nivel de cuenca

7.1.1. EL PLAN TRIFINIO

El Plan Trifinio nació de la preocupación por la conservación forestal (la defensa del bosque nuboso que corona el Macizo de Montecristo), en torno del punto de confluencia de las fronteras de El Salvador, Guatemala y Honduras. Los gobiernos de los tres países firmaron, el 12 de noviembre de 1986, un Acuerdo de Cooperación Técnica con la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con la finalidad de elaborar un plan de desarrollo integral para la región en torno del punto de confluencia de las fronteras de los tres países. El objetivo de este plan fue el desarrollo de esa región, denominada Trifinio, por medio de la utilización racional de sus recursos naturales, con especial enfoque en la conservación del bosque nuboso en torno al Macizo de Montecristo y el área circundante, al que se ha definido como Reserva de la Biosfera «La Fraternidad». (UICN, 2013)

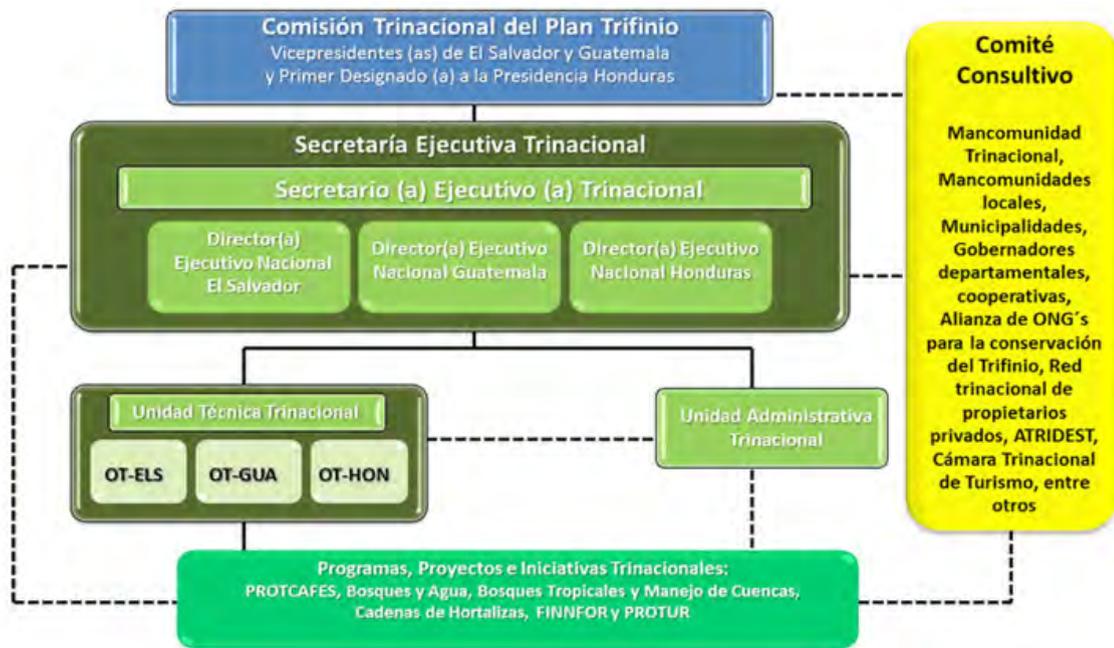
Las reuniones y consultas con las autoridades nacionales de los tres países culminaron en la delimitación actual del área del Plan Trifinio, en la que se incluyen 8 municipios de El Salvador, 15 de Guatemala y 22 de Honduras, coincidiendo los límites con los municipales, por conveniencia de análisis estadístico para planificación y proyecciones.

El Acuerdo de Cooperación Técnica que suscribieron los gobiernos de los tres países para la formulación del Plan Trifinio fue ratificado por los Congresos nacionales respectivos en fechas posteriores, durante el proceso de formulación del Plan. En noviembre de 1989 se suscribió un memorándum de entendimiento entre los gobiernos de los tres países con la OEA y el IICA, para colaborar en la consolidación del proceso de ejecución del Plan Trifinio, ampliando el Acuerdo de noviembre de 1986 y renovando los compromisos correspondientes de las partes.

El 31 de octubre de 1997 fue firmado el Tratado Plan Trifinio el cual fue ratificado por la Asamblea Legislativa de El Salvador el 24 de abril de 1998, por el Congreso de Honduras el 25 de mayo de 1998 y por el congreso de Guatemala el 26 de abril de 1999, constituyéndose en un decreto ley en cada uno de los países. Este tratado tiene como objetivo el fortalecimiento institucional del Plan Trifinio a través del reconocimiento y la normación de las funciones de la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (CTPT) y de sus órganos encargados de velar por la ejecución del Plan y de su permanente actualización.

Para poner en práctica las decisiones de la CTPT, se creó la Secretaría ejecutiva Trinacional conformada por tres Directores Ejecutivos Nacional (uno por país), nombrados directamente por la Vicepresidencia respectiva y un Secretario Ejecutivo Trinacional nombrado por la CTPT, que la representa legalmente, coordina sus acciones con las Direcciones Ejecutivas Nacionales y es la máxima Autoridad Operativa para efectos del Plan (Figura 7.1).

Figura 7.1 | Estructura de la Comisión Trinacional Plan Trifinio CTPT



Fuente: CTPT

Las funciones principales de la CTPT son las siguientes:

- Actuar como órgano permanente de coordinación y consulta.
- Servir de foro de alto nivel para analizar problemas de desarrollo sostenible de la Región del Trifinio.
- Aprobar políticas, planes y programas anuales.
- Examinar y aprobar los ajustes y actualizaciones del Plan Trifinio.
- Aceptar las donaciones y recibir la cooperación técnica y financiera no reembolsable que requiera para su funcionamiento y fortalecimiento.
- Aprobar los planes operativos anuales de la Secretaría Ejecutiva Trinacional.
- Recabar la opinión del Comité Consultivo del Plan Trifinio.
- Promover la cooperación financiera.
- Aprobar su propio reglamento de funcionamiento y las normas de funcionamiento de la Secretaría Ejecutiva y del Comité Consultivo.

La CTPT constituye un actor clave para promover la buena gestión de las aguas subterráneas en la zona ya que el Tratado para la ejecución del Plan Trifinio, suscrito en 1997 por El Salvador, Honduras y Guatemala, que delimita el espacio geográfico de acción en el territorio trinacional (calificado como “unidad indivisible” para el manejo coordinado y sostenible de sus recursos naturales) es la principal fortaleza en la región ya que contiene los compromisos de los tres gobiernos para la cooperación transfronteriza y el manejo sostenible de los recursos naturales compartidos, constituyendo el marco para la ejecución de proyectos, programas e iniciativas trinacionales.

7.1.2. MANCOMUNIDAD TRINACIONAL TRANSFRONTERIZA DEL RÍO LEMPA

La Mancomunidad Trinacional Transfronteriza del Río Lempa nació en Guatemala y llevó a cabo un proceso de planeación estratégica territorial trinacional (1998-2003), estableciendo los primeros pasos para articular a los actores locales en relación a una agenda multi-país, multinivel y pluri-actoral. Con el paso del tiempo, se formalizó una alianza estratégica con otras mancomunidades de la región, generándose así la práctica de la cooperación sur-sur entre un municipio y otro, tomando como punto de partida una agenda común más amplia e integral que la establecida por la CTPT, con objetivos planteados de acuerdo al diagnóstico local y a los lineamientos estratégicos.

Además del desarrollo humano sustentable, para la Mancomunidad, una de las metas a lograr a través del trabajo trinacional es la creación de políticas públicas por medio de la estrategia de cooperación sur-sur intermunicipal, buscando transformar los proyectos en políticas públicas trinacionales donde participan gerentes, técnicos, alcaldes, organizaciones no gubernamentales, cámaras de comercio y servicios, buscando socios internacionales que se adhieran a la alianza.

El objeto de la Mancomunidad es buscar el desarrollo integral sostenible de los municipios que la integran, a través de: la formulación y ejecución de políticas públicas, planes, programas y proyectos municipales e intermunicipales y subregionales, mediante el esfuerzo propio mancomunado y con el apoyo técnico y económico de los gobiernos centrales, organismos internacionales, y de instituciones no gubernamentales; incluyendo en sus programas la participación de las entidades que convergen en la región, así como la participación de la población para unificar esfuerzos y promover el desarrollo de la región.

La Mancomunidad en la actualidad está promoviendo la política pública sobre Aguas Compartidas, la cual podría ser de utilidad para contemplar el tema de aguas subterráneas dentro de esta política.

7.1.3. EQUIPO TÉCNICO INVESTIGADOR TRINACIONAL

En la región del Trifinio se ejecutó un proyecto financiado por el Organismo de Energía Atómica que consistió en un estudio de las aguas subterráneas. Para ejecutar dicho proyecto se conformó un equipo de técnicos investigadores de la Academia e instituciones de los tres países (Guatemala, Honduras y El Salvador) vinculadas a la temática (Cuadro 7-1). En la actualidad este grupo de profesionales siguen participando de las actividades que están relacionadas al tema de aguas subterráneas en la zona, y estuvieron siempre vinculados con el proyecto GGRETA.

Cuadro 7.1 | Instituciones que pertenecen al Equipo Técnico Investigador Trinacional

PAIS	INSTITUCION
El Salvador	Observatorio Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
	Universidad de El Salvador
	Ministerio de Agricultura
Honduras	SERNA (Mi Ambiente)
	SANAA
Guatemala	INSIVUMEH

Fuente Elaboración propia.

Contar con este equipo Técnico Investigador Trinacional, es una gran fortaleza ya que constituyen una plataforma que brinda el marco para realizar y validar estudios sobre aguas subterráneas en la zona.

7.1.4. COMISIÓN TRINACIONAL DE JUNTAS DE AGUA

Como parte del fortalecimiento que la Mancomunidad Trinacional Transfronteriza del Río Lempa está realizando en la región del Trifinio, para los actores locales que están vinculados con el uso y aprovechamiento del agua, se ha creado la Red Trinacional de Juntas de Agua en donde convergen representantes de dichas organizaciones comunitarias de los tres países con el propósito de intercambiar experiencias, planificar actividades de gestión integral del agua y sus recursos asociados, velar por el uso eficiente del agua, realizar acciones de reforestación en las zonas de recarga hídrica, crear la conciencia en las comunidades fronterizas sobre la importancia de reducir la contaminación ambiental, así como gestionar ayuda económica para mejorar los servicios que prestan a sus comunidades en el servicio de agua domiciliar.

7.1.5. ACADEMIA

Otro actor clave en la zona es la academia (Universidades) ya que en la zona existen diferentes instituciones educativas a nivel universitario que contribuyen a la generación de información de utilidad para la toma de decisiones así como a la creación de capacidades a nivel local a través de sus programas de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- y elaboración de tesis de grado. Además manejan una agenda de trabajo de investigación social transfronteriza por medio del cual buscan lograr conocer las visiones comunitarias sobre el aprovechamiento de los recursos naturales en la zona de frontera en los tres países, incluido el tema del aprovechamiento del agua; tratan asimismo de identificar y prevenir los posibles conflictos sociales por el uso del agua. Involucrar a este sector en el trabajo de la gestión del agua subterránea es importante ya que pueden contribuir a la formación de nuevas generaciones, al fortalecimiento de capacidades, a realizar investigaciones sociales importantes, así como a la trasmisión del conocimiento técnico y científico.

7.2. Actores a nivel local

7.2.1. GOBIERNOS MUNICIPALES

Los Gobiernos Municipales (Municipalidades), tiene como mandato en los tres países ser los entes responsables de proveer el agua para consumo doméstico en la cantidad y con la calidad necesaria para ser consumida a nivel de los hogares.

En el área de estudio se cuenta con nueve municipios, dos en Guatemala (Olopa y Esquipulas), cuatro en Honduras (Santa Fe, Concepción, Sinuapa y Ocotepeque) y tres en El Salvador (Citalá, San Ignacio y La Palma).

Cada una de estas municipalidades para su funcionamiento están organizadas por oficinas municipales en diferentes temas, contándose en cada una de ellas con tres tipos de oficinas mediante las cuales se puede promover la buena gestión del agua subterránea las cuales son:

Oficina Municipal de Planificación: Es el órgano administrativo de la Municipalidad encargado de emitir los lineamientos que permitan ejecutar la función de planificación en el ámbito municipal y controlar los planes, programas y proyectos, con la finalidad de lograr el desarrollo integral del municipio. Es el ente

regulador de todas las actividades de la Municipalidad, que busca alcanzar mejoras institucionales a través de la reestructuración de los procesos y sistemas, que son necesarios para la prestación de un mejor servicio orientado a los usuarios. Para poder llevar a cabo la realización de estos objetivos, es necesario que la Dirección Municipal de Planificación cuente con personal capacitado, trabajadores con conocimientos de planificación, obras y servicios sociales a los cuales se les delegarán las diferentes funciones sobre la base de su experiencia y campo de acción.

Oficina Municipal de Ambiente: Tiene como objetivo implementar la gestión ambiental en las actividades de competencia del gobierno municipal, promover y contribuir a la protección de recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población local, asesorar la elaboración de normativas, instrumentos y procedimientos municipales de contenido ambiental. Algunas municipalidades tienen asimismo la responsabilidad de la gestión integral del agua y especialmente el tema de la contaminación, disposición de residuos sólidos y líquidos.

Oficina Municipal de la Mujer: Pretende responder a la problemática social de las mujeres desarrollando sus potencialidades para su mejoramiento económico, social y productivo con igualdad de género, diseñando y facilitando espacios de participación que respondan a sus expectativas de liderazgo y desarrollo comunitario.

Algunas Municipalidades como la de Esquipulas y Olopa cuentan además con la Oficina Municipal del Agua, la cual es encargada del manejo de los sistemas de agua potable de las cabeceras Municipales.

La disposición de las Autoridades Políticas Locales y los encargados de las Oficinas Municipales relacionada con el recurso hídrico podría contribuir a la conservación, gestión y manejo adecuado de las aguas subterráneas y estos serían otro actor importante y a quienes también hay que tomar en cuenta en las actividades de fortalecimiento de capacidades para garantizar la buena gestión del agua subterránea.

7.2.2. COMITÉS Y JUNTAS DE AGUA

En el área de estudio los Comités (Guatemala) y Juntas de Agua (Honduras y El Salvador) son los entes encargados a nivel comunitario del manejo de los sistemas de agua (potable o entubada), para consumo domiciliario y son a través de quienes se promueven las buenas prácticas de cuidado del vital líquido. Es importante recordar que existe un comité o una junta de agua por comunidad en la cual hay cobertura de agua domiciliario, así también que estos puestos no son remunerados y que se cuenta con la participación de la mujer aunque en un porcentaje que no llega ni al 30% (Cuadro 7.2) y por lo general ocupan el cargo de secretarías o vocales.

Estos grupos organizados son de suma importancia ya que pueden ser la base para iniciar acciones para la gestión integrada del agua subterránea y el cuidado de las principales zonas de recarga de los acuíferos a nivel comunitario.

7.2.3. ASOCIACIONES DE REGANTES Y ASOCIACIONES DE GANADEROS

En el área de estudio existen varias asociaciones de regantes y de ganaderos aunque el recurso que utilizan para el desarrollo de sus actividades productivas es el agua superficial. De acuerdo a las conversaciones con estos actores durante las giras de campo y recopilación de información,

algunos de éstos ya están pensando en la posibilidad de utilizar agua subterránea. Por esta razón es de suma importancia incluirlos en el trabajo de promover la buena gestión del agua subterránea, así al momento que hagan uso de este recurso lo puedan hacer de forma planificada y controlada, además de incluir actividades en pro de la conservación de las zonas de recarga para garantizar la disponibilidad del agua. Es importante hacer notar que la participación de las mujeres en este tipo de asociaciones es muy baja ya que por cultura es el hombre quien se encarga de este tipo de oficios; sin embargo, de algunos grupos de mujeres han sido motivados por las oficinas municipales de la Mujer para realizar este tipo de trabajo.

7.2.4. CAFICULTORES

La caficultura en el área del Trifinio es muy importante en especial para Guatemala y Honduras, ya que existen grandes áreas cultivadas con café; se estima que hay unas 24 mil hectáreas dedicadas a este cultivo en la zona del Trifinio. Este grupo de actores es de suma importancia porque aunque no consumen agua subterránea para sus cultivos, sí contribuyen a incrementar el nivel de contaminación del recurso (especialmente acuífero somero), por residuos de agroquímicos como fertilizantes, herbicidas, fungicidas, nematocidas e insecticidas para mantener la salud de las plantaciones de café y lograr una alta producción. Por otro lado, algunos caficultores tiene beneficios de café de tipo artesanal en donde proceden al despulpado del grano y a su posterior lavado con lo cual generan las denominadas “aguas mieles” que tiene una alta capacidad de contaminar, tanto las aguas superficiales como las subterráneas.

7.2.5. AGROINDUSTRIA (BENEFICIADO DE CAFÉ)

En el área del Trifinio, al ser la caficultura uno de los principales medio de vida, existen varios beneficios de café donde se procesa este producto. Al ser un beneficiado húmedo el proceso que se le da, se utilizan grandes cantidades de agua que en ocasiones es de origen subterráneo (ejemplo: el beneficio El Torreón Esquipulas posee un Pozo mecánico para realizar este trabajo). Es importante trabajar con este sector tanto por el consumo de agua, como por la contaminación que se produce en el proceso por la generación de aguas mieles y pulpa de café que son depositados a las corrientes superficiales y que contaminan el acuífero superficial.

7.2.6. SECTOR TURISMO

El turismo en la región del Trifinio es una de las principales fuentes de ingreso, pero también este sector es uno de los grandes consumidores de agua, especialmente el sector hotelero que usa grandes cantidades de agua para atender y brindar sus servicios a los visitantes de la zona. Adicionalmente los hoteles también generan grandes cantidades de residuos sólidos (basuras) y también altos volúmenes de aguas grises y negras que van sin ningún tratamiento a las corrientes fluviales y a contaminar el acuífero somero. Por lo tanto, este sector de la economía regional de la zona debe ser considerado dentro de la plataforma de actores estratégicos con quienes se debe definir un esquema de gobernanza del agua en la zona de influencia del proyecto en la región del Trifinio.

7.3. Aplicación del enfoque de género con actores claves en el área de estudio

A nivel de la sociedad en Centroamérica, las mujeres desempeñan un papel clave en el desarrollo de actividades económicas, culturales, comunitarias y sociales; sin embargo, esta labor la realizan enfrentándose a importantes barreras que persisten por la construcción tradicional social, que las colocan en condiciones de desventaja y posición de desigualdad y subordinación en el ámbito familiar, comunitario y social.

Centroamérica ha trabajado desde hace más de una década en generar un marco legal que proteja a la familia, con especial énfasis en los sectores que han sido tradicionalmente marginados. En el caso específico de Guatemala, El Salvador y Honduras, se cuenta con un marco legal que ha creado mecanismos institucionales que velan por el cumplimiento de los acuerdos, leyes y ordenanzas a favor del sector.

A nivel de la región, la Comisión Trinacional del Plan Trifinio ejecuta su plan estratégico con la función de propiciar la construcción de un modelo de gestión territorial transfronterizo para el desarrollo sostenible, y aplica políticas de género de manera transversal para lograr su cometido.

A nivel municipal, las nueve municipalidades que están en el área de los acuíferos Esquipulas y Citalá-Ocotepeque poseen oficinas que ejecutan políticas, planes, programas, proyectos y acciones encaminadas a reducir la brecha entre mujeres y hombre en los municipios.

El proceso de empoderamiento por parte de las mujeres en la región del Trifinio ha sido un proceso lento y disparado; ha sido impulsado en gran medida desde las municipalidades y de ello ha dependido la importancia que se le ha dado al tema. En las municipalidades de Esquipulas y Olopa, en Guatemala, se ha actuado enérgicamente a favor de las mujeres a través de procesos de capacitación que permitan el empoderamiento y ejecución de proyectos sociales y económicos con la participación de la mujer. En el caso de Ocotepeque, Sinuapa, Concepción y Santa Fe, en Honduras, la situación ha sido diversa; en Sinuapa se ha dado énfasis en el área mujer y medio ambiente; en Ocotepeque en las áreas de mujer-derechos y mujer-economía; en los otros municipios el trabajo es incipiente.

En los municipios de El Salvador se tiene un trabajo muy activo, en la municipalidad de La Palma, se ha trabajado en el área de sensibilización y divulgación de los derechos de la mujer y en San Ignacio y Citalá se está iniciando el proceso a través de la elaboración de la política municipal de la mujer.

El proyecto GGRETA ha permitido que se fortalezcan las capacidades de las y los funcionarios de las oficinas de la mujer y de medio ambiente de las municipalidades del área de estudio. Se ha promovido la implementación de la Estrategia para la adopción del enfoque de género en los proyectos y actividades del Plan Trifinio, y el fortalecimiento de capacidades que permitan visibilizar la participación de las mujeres en los distintos proyectos y actividades que se desarrollen en el área.

Bajo este marco se han realizado una serie de capacitaciones con el objetivo de contribuir inicialmente a la creación de bases de datos que registren la participación de ambos géneros y así contar con estadísticas desagregadas por sexo que nos permitan evaluar la participación de la mujer en los diferentes proyectos que se ejecutan.

7.3.1. INDICADORES DE GÉNERO

Basados en los indicadores desarrollados por el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (World Water Assessment Programme – WWAP por sus siglas en inglés) para la evaluación y supervisión de los recursos hídricos desde una perspectiva de género¹², el proyecto GGRETA presentó una lista preliminar de indicadores de género para ser analizados y conocer la posibilidad de recopilar la información necesaria para su cálculo. Para realizar este análisis cada indicador fue categorizado de acuerdo al grado de dificultad de recolección de la información. Luego de realizar esta categorización se eligieron indicadores cuantitativos y cualitativos, presentados en la secciones A (Cuadro 7.2) y B siguientes.

Para la recopilación de los indicadores se procedió con el apoyo del consultor especialista en SIG a determinar los poblados ubicados en el área de estudio como base para solicitar la información requerida a los diferentes actores relacionados en la zona.

Con esta información se procedió a identificar en el área los actores claves (Instituciones Gubernamentales, Municipalidades, Asociaciones, Cooperativas, comités, técnicos y otros) utilizando para esto el inventario de actores mencionados anteriormente.

Con esta identificación se procedió a elaborar una base de datos con la información requerida para cada indicador solicitado y se recopiló a través de diferentes vías (de forma personal, vía electrónica y vía telefónica). Para la parte de los indicadores en relación a datos cuantitativos de población, el actor clave fue los Centros de Salud pública, quienes en los tres países son los que manejan información actualizada de este tipo.

A. Indicadores de género cuantitativos

Los resultados de los indicadores cuantitativos, se desglosan por municipio que se encuentran dentro del área de Estudio de la siguiente manera (Cuadro 7.2):

Cuadro 7.2 | Indicadores cuantitativos de género en el área de estudio

PAIS	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACION (numero de personas)					TASA DE MORTALIDAD (‰)	NIVEL DE EDUCACIÓN		GOBERNANZA LOCAL DEL AGUA*		
			H	%	M	%	Sub Total		H	M	H	M	Total
El Salvador	Chalatenango	Citalá	3.547	49,88	3.564	50,12	7.111	3,5	3,5	3,7	30	18	48
		San Ignacio	4.235	49,18	4.376	50,81	8.611	5,8	4,1	4,5	33	13	46
		Ocoatepeque	7.353	46,93	8.315	53,07	15.668	2,21	3,4	3,9	71	12	83
Honduras	Ocoatepeque	Sinuapa	2.811	48,21	3.020	51,79	5.831	3,3	3,4	3,9	68	16	84
		Concepción	1.898	49,90	1.906	50,10	3.804	2	3,4	3,9	78	24	102
		Santa Fe	1.779	48,38	1.898	51,62	3.677	4	3,4	3,9	76	4	80
Guatemala	Chiquimula	Esquipulas	27.783	47,99	30.099	52,01	57.882	3,98	4,7	4,6	400	200	600
		Olopa	11.361	48,01	12.307	51,99	23.668	4,9	4,7	4,6	61	16	77
Total			66.726	48,18	71.761	51,82	138.487	3,66	3,8	4,1	817	303	1120

Fuente: García, J. 2015. Informe final Proyecto Caso Piloto Acuífero Trifinio. UICN.

■ Número de personas que trabajan en juntas o Comités de agua (sección 7.2)

A. Indicadores cualitativos de género

En cuanto a los indicadores cualitativos fueron los más difíciles de coleccionar, pero luego de realizar entrevistas con actores claves se obtuvieron los siguientes resultados:

12. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002353/235364s.pdf>

■ **Existencia y naturaleza de capacitación y sensibilización de género dentro de los ministerios / organismos principales responsables. Participación de personal M / F**

En cuanto a este indicador, en el área de estudio se pudo determinar que a nivel de la CTPT, existe muy poca capacitación en esta temática. El personal está sensibilizado con respecto a la importancia de la participación de la mujer en los programas y proyectos que se desarrollan en el área, pero no cuentan con los instrumentos necesarios para potencializar la participación en forma equitativa de hombres y mujeres, ni para evidenciar el trabajo que ya realizan. La Estrategia 2014-2018 de la CTPT define que se impulsará el diseño de una política institucional que promoverá la transversalización del enfoque de género en las acciones de su plan estratégico.

A nivel de las municipalidades, en todas se cuenta con una oficina municipal de la mujer que trabaja con la temática de género con el propósito de empoderar al sector femenino así como a promover su participación en las actividades productivas. Estas oficinas tienen un nivel diferente de capacitación para realizar su trabajo, teniéndose que las de Guatemala son las más avanzadas, ya que a nivel del Gobierno se ha trabajado mucho en esta temática, y por ley cada oficina cuenta con un mínimo porcentaje del presupuesto. Además también por ley todas las instituciones gubernamentales deben de contar con un departamento de género que promueva la capacitación del personal en la temática. Es importante hacer notar que de acuerdo a las personas entrevistadas, al momento de promover eventos en la temática de género, la participación del género masculino se ve disminuido, debido a que se tiene un concepto erróneo de género.

■ **Existencia y naturaleza de los objetivos específicos de género y los compromisos (o estrategia de género) en las políticas nacionales y sectoriales de agua**

Como se menciona en el párrafo anterior, Guatemala ha hecho grandes avances en esta temática ya que cuenta con un gabinete específico de la mujer y también por ley cada una de las organizaciones gubernamentales tiene que tener un departamento de género que promueva la participación equitativa de hombres y mujeres, así como capacitar al sector femenino para que puedan ser parte de la economía local y puedan integrarse a los espacios donde se toman las decisiones para el desarrollo local. Además a nivel de Gobiernos locales también por ley cada Municipalidad debe de contar con una Oficina Municipal de la Mujer y se le ha asignado un porcentaje mínimo (0.05%) del presupuesto Municipal lo cual permite tener un punto de partida para iniciar las actividades.

En cuanto a El Salvador también se cuenta con una política pública que promueve la participación de la mujer, que se incluye la Ley Especial para una Vida Libre de Violencia para las Mujeres, la Ley de Igualdad, Equidad y Erradicación de la Discriminación contra las Mujeres y la Ley Contra la Violencia Intrafamiliar que evita la desigual distribución del poder y con las relaciones asimétricas entre mujeres y hombres en la sociedad. Además el código municipal establece la creación de las Oficinas Municipales de la Mujer pero no contempla presupuesto para su funcionamiento.

En el caso de Honduras existe la Ley Contra la Violencia Doméstica y la Ley de Igualdad de Oportunidades para la Mujer y La Ley del Instituto Nacional de la Mujer (INAM) aprobada mediante el Decreto Legislativo 232-98 del 11 de febrero de 1999. El país había avanzado mucho en esta temática pero en 2015 se produjo un atraso al desaparecer el Instituto Nacional de la Mujer, pues el apoyo que brindaba en capacitación y presupuesto ahora ya no existe. En cuanto al nivel Municipal, todas

las Municipalidades cuentan con una oficina Municipal de la Mujer pero al igual que en el Salvador se carece de presupuesto, lo cual hace que el trabajo que se realiza sea mínimo a menos que la coordinadora promueva otro tipo de acciones para agenciarse de fondos.

■ **Percepciones M / F sobre la adecuación de la oferta actual de agua / disponibilidad en calidad y cantidad**

Tanto hombres como mujeres que fueron entrevistados coincidieron en la percepción que tienen sobre la oferta actual de agua en cuanto a cantidad; en efecto en el área de estudio, ya se percibe la falta del vital líquido lo que ha provocado que las autoridades locales tengan que racionar el líquido en ciertas épocas del año (época seca). Además dichas autoridades están preocupadas por esta situación y algunos municipios han comenzado a utilizar más el agua subterránea para cubrir la demanda y los que aún no lo han hecho ya lo están contemplado.

En cuanto a la calidad del agua, la percepción entre hombres y mujeres de que ésta ha disminuido en los últimos años también es generalizada ya que es necesario utilizar algún medio ya sea físico o químico para potabilizarla. Según los entrevistados, esto se da especialmente en la agricultura ya que las aguas superficiales son en su gran mayoría fuentes de depósito de aguas negras y aguas mieles. Esta es otra de las preocupaciones de las Municipalidades ya que su gasto se incrementa para poder potabilizar el agua. A nivel comunitario este proceso en su mayoría no se da por falta de presupuesto para realizarlo, por lo que son las mujeres las encargadas de realizar algún tipo de proceso para brindar a su familia agua segura.

■ **Percepciones M / F de la igualdad de género en las decisiones del hogar en WASH**

En el área de estudio, especialmente en las comunidades rurales, la percepción es que las decisiones sobre uso seguro del agua, higiene y saneamiento son actividades de la mujer, ya que ella es la encargada de velar por la limpieza del hogar. El hombre tiene muy poco que ver en cuanto estos temas, ya que por sus actividades pasa mucho tiempo fuera y el poco tiempo que está en casa lo dedica a otras tareas. En el nivel urbano la percepción ha ido cambiando de tal forma que el hombre ha comenzado a involucrarse en las decisiones sobre este tema y ahora ambos aportan para mantener el agua segura en casa así como la higiene del hogar y el saneamiento.

■ **La presencia de las mujeres en cooperativas e industrias relacionada con el agua**

En el área de estudio, existen pocas cooperativas de agricultores y ganaderos bien organizadas, hecho que contribuye a una estructura fuertemente individualizada del sector. De las pocas cooperativas existentes, la presencia o participación de las mujeres en las cooperativas ha avanzado en los últimos años, ya que estas instituciones han abierto la cobertura, específicamente en las cooperativas que se relacionan con el cultivo del café, ya que por cuestiones de herencia o por falta del señor de la casa por muchos motivos (e.g. migración), la mujer ha asumido esta responsabilidad en cuanto a la producción de café como el medio de vida de la familia, por lo cual ha empezado a tomar parte tanto como socia, -como directiva en puestos de toma de decisiones. Hoy día, se estima que las mujeres representan aproximadamente el 20% de los socios de las cooperativas de café en la región del Trifinio (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3 | Distribución por sexo de los socios de cooperativas de café en el área de estudio

Cooperativas	Mujeres	Hombres
Productores Orgánicos Agropecuarios El Túnel	12	29
Cooperativa Integral Agrícola Trifinio	15	50
Cooperativa ACOPAHAS de RL	9	51

7.3.2. IDENTIFICACIÓN DE CASOS EXITOSOS DE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE GÉNERO

Durante el proceso de sistematización de las experiencias exitosas de programas o proyectos que se ejecutan en las municipalidades de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá se identificaron dos casos en el municipio de Sinuapa, Honduras. La peculiaridad de estos casos radica en que son impulsados por la Unidad Municipal de Medio Ambiente, donde el cargo de Jefe, que tradicionalmente ha sido desempeñado por hombres en toda la región, es ocupado en este caso por una mujer. Dichos casos identificados son:

- Caso de distribución de abono a las y los productores de escasos recursos económicos, logrando beneficiar en gran medida a las mujeres jefas de hogar.
- Caso de educación ambiental en las escuelas y resultados positivos sobre la percepción de las nuevas generaciones respecto a la deforestación y sobre el rol de las mujeres en el tema ambiental.

Como resultado de la gestión llevada a cabo por la Jefa de la Unidad, se ha logrado el empoderamiento de las mujeres a través de la ejecución de proyectos en el área medioambiental, los cuales tradicionalmente han sido de beneficio exclusivo para los hombres.

Como resultado concreto de las actividades que el proyecto ha realizado en zona del estudio se pueden enumerar:

- La creación de redes de comunicación virtual que permiten mantener los contactos y acceso a apoyo ante diversas situaciones: a) creación de la página de Facebook: Oficinas Municipales de la Mujer de la región Trifinio; b) creación de grupo Whats App; c) inicio de construcción de vínculo a través del canal de YouTube, con el propósito de compartir las actividades que cada municipalidad del área de estudio están ejecutando.
- El interés por organizar la carrera 11 H2O “Corramos por el Agua del Futuro”¹³, la zona de La Palma-San Ignacio-Citalá. Esto está siendo visualizado como una estrategia de turismo-ambiental con la transversalidad de género.
- El empoderamiento que algunas municipalidades han experimentado y la influencia en las actitudes de los responsables de las unidades ambientales.

13. La Carrera 11 H2O es una iniciativa desarrollada por UICN y la Fundación SIMBIOSIS en Guatemala, la cual consiste en una maratón de 11 Km, cuya principal finalidad es crear un espacio de reflexión entre los participantes sobre la importancia que tiene el agua para la vida del ser humano y el desarrollo de sus actividades productivas, así como las actividades que se deben desarrollar para su conservación y buen uso.

7.4. Principales barreras y oportunidades para lograr una buena gestión de las aguas subterráneas

Las principales barreras identificadas por los actores entrevistados para lograr una buena gestión del agua subterránea son las siguientes:

- Los marcos jurídicos e institucionales de los países no son aun apropiados para una buena gobernanza de las aguas subterráneas (Capítulo 8).
- Falta de conocimiento sobre la dinámica del agua subterránea, sus tasas de renovación y uso adecuado del recurso.
- Poca conciencia de algunas poblaciones sobre la importancia y valor de este recurso.
- El uso irracional del recurso hídrico que se hace en la zona así como de sus recursos asociados.
- El deterioro del recurso bosque en las zonas de recarga hídrica de los acuíferos que limita la recuperación de los niveles freáticos.
- No contar con reglamentos que contribuyan a evitar la contaminación de las aguas subterráneas.
- Falta suficiente de conciencia ambiental de los principales actores que toman las decisiones a diferentes niveles.
- Falta de apoyo político, institucional y económico para la buena gestión del recurso hídrico.
- El crecimiento poblacional que aumenta la demanda del recurso hídrico e inexistencia de planes de gestión nacional y/o local para uno eficiente y sostenible del mismo.
- Vacíos de información para hacer una adecuada planificación del uso, aprovechamiento y gestión compartida y sostenible del acuífero compartido.

7.5. Principales sinergias para lograr una buena gestión de las aguas subterráneas

De acuerdo al criterio de las personas encuestadas las principales sinergias con las que se cuentan para lograr este propósito son:

- Se cuenta con Autoridades Municipales conscientes y preocupadas por el tema y que pueden apoyar las acciones para lograr una gestión de las aguas subterráneas.
- El marco jurídico del Tratado suscrito en los tres países que crea la región Trifinio cuenta con el aval y apoyo de las Vicepresidencias de los tres países.
- La Comisión Trinacional del Plan Trifinio considera a la región como un territorio indivisible y por la tanto promueve una gestión integral y sostenible de sus recursos naturales incluida el agua.
- El sector productivo ha venido siendo concientizado sobre la problemática del agua en la región.
- La Mancomunidad Trinacional río Lempa tiene una muy buena capacidad de convocatoria y cabildeo a nivel local y comunitario para promover la gestión integral y sostenible de las aguas subterráneas en el área de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá.
- Existen estudios e informes que muestran la importancia estratégica de las aguas subterráneas de la zona para el desarrollo social y económico en la región del Trifinio. Ha habido una escasez

relativa de las aguas superficiales, principalmente en las zonas rurales por lo cual las comunidades ha recurrido al uso de aguas subterráneas. Estas también empiezan a presentar limitaciones, aunque la problemática de agotamiento por el sobreuso de las aguas subterráneas todavía no se ha presentado.

- Las principales fuentes de aguas superficiales están contaminadas y por ello poblaciones y municipalidades están poniendo más atención al uso de aguas subterráneas.
- Se ha logrado crear y fortalecer las capacidades técnicas de diferentes actores en la zona quienes pueden influir para promover la gestión de las aguas subterráneas.
- La información generada por este proyecto y otros que se han desarrollado en el tema de las aguas subterráneas servirá de base para realizar la concientización sobre el buen uso del recurso.
- Se cuenta con ejemplos de coordinación y cooperación binacional en la zona para la gestión del agua superficial como es el caso de los proyectos BMU y BRIDGE que impulsa UICN en la cuenca del río Sumpul que se comparte entre Honduras y El Salvador (Trifinio) y en la cuenca del río Goascorán.
- Los efectos de la variabilidad y el cambio climático sobre la disponibilidad de agua en la región está afectando a las poblaciones quienes dependen del vital líquido lo cual ha dado lugar a aumentar el grado de conciencia e interés en las aguas subterráneas.
- Se cuenta con grupos organizados (juntas de agua, COCODES, Comités de agua potable) que pueden ser la base para iniciar acciones para la gestión integrada del agua subterránea.
- Especialmente en el caso de Honduras se cuenta con una Ley de Aguas que norma, regula y mandata el llevar a cabo una buena gestión del agua subterránea (Capítulo 8).

Luego del análisis de actores que deben ser parte de la gestión del agua subterránea se sugiere que se establezcan contactos con los actores antes mencionados para fortalecer acciones a nivel doméstico en Guatemala (acuífero Esquipulas), y plantear y definir opciones o modelos de un mecanismo de consulta entre El Salvador y Honduras para la gestión del acuífero Ocotepeque-Citalá.







Capítulo 8.
Aspectos legales
e institucionales
y mecanismos de
consulta multipais

En este capítulo se reseña y evalúa el marco legal e institucional existente vinculado con las aguas subterráneas de la Región Trifinio (acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá), desde la perspectiva transfronteriza abarcando a los tres países en su conjunto, y desde la porción nacional que recae en cada país involucrado. El análisis y la evaluación contenidos en este capítulo se basan en una metodología específica elaborada por este proyecto, que incluye una serie de indicadores¹⁴, y en su aplicación concreta por consultores legales nacionales de los tres países contratados en el marco del proyecto.

El capítulo está dividido en tres partes. En la primera se ilustra y evalúa el marco jurídico e institucional desde la perspectiva transfronteriza, es decir, la de los acuerdos y tratados vinculados, de una forma u otra, con las aguas subterráneas de la Región Trifinio, incluyendo a las instituciones bi- o multi-laterales existentes. En la segunda parte se ilustra y evalúa el marco jurídico e institucional de gestión de las aguas subterráneas propio a cada país. En la tercera parte presentan conclusiones y recomendaciones.

8.1. Análisis y evaluación del marco legal e institucional transfronterizo vinculado con las aguas subterráneas de la región Trifinio

110

8.1.1. MARCO LEGAL

No existe ningún acuerdo o tratado bi- o multilateral al respecto de las aguas subterráneas de la Región Trifinio. Sin embargo, los tres países suscribieron el 31 de octubre de 1997 el *Tratado para la ejecución del Plan Trifinio*, siendo el principal acuerdo en relación a la región del Trifinio. Este tratado tiene como objetivo el fortalecimiento institucional del Plan Trifinio a través del reconocimiento y la normación de las funciones de la Comisión Trinacional y de sus órganos (ver el apartado siguiente, “Marco institucional”) encargados de velar por la ejecución del Plan y de su permanente actualización. El tratado delimita el espacio geográfico de acción en el territorio trinacional (calificado como “unidad indivisible” para el manejo coordinado y sostenible de sus recursos naturales) y los compromisos de los tres gobiernos para la cooperación transfronteriza y el manejo sostenible de los recursos naturales compartidos, siendo la base para la ejecución de proyectos, programas e iniciativas trinacionales. Cabe destacar que el tratado no incluye disposiciones especiales en materia de aguas ni respecto a los cursos de agua internacionales ni en relación con las aguas subterráneas o los acuíferos transfronterizos, acceso, derechos de agua, su distribución, administración o conservación¹⁵.

Son también importantes la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de uso de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación, adoptada por la Asamblea General el 21 de mayo de 1997; y la Resolución No. 63/124 sobre el derecho de los acuíferos transfronterizos,

14. Esta metodología ha sido publicada por separado

15. El Plan Trifinio, y su marco legal e institucional, nacieron como consecuencia de una preocupación de conservación forestal, la defensa del bosque nuboso que corona el Macizo de Montecristo, en donde nace el Río trinacional Lempa y el binacional Montagua (El Salvador, Honduras), en torno del punto de confluencia de las fronteras de El Salvador, Guatemala y Honduras. Los gobiernos de los tres países firmaron en 1986 un Acuerdo de Cooperación Técnica con la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con la finalidad de elaborar un plan de desarrollo integral para la región en torno del punto de confluencia de las fronteras de los tres países. El objetivo de este plan fue el desarrollo de esa región, denominada Trifinio, por medio de la utilización racional de sus recursos naturales, con especial énfasis en la conservación del bosque nuboso en torno al Macizo de Montecristo y el área circundante, al que se ha definido como Reserva de la Biosfera «La Fraternidad».

adoptada por la Asamblea General en diciembre de 2008. Si bien ni la Convención de NN.UU. ni la Resolución No. 63/124 son obligatorias para los tres países de la Región Trifinio, las mismas incorporan principios generalmente aceptados por la costumbre internacional, reconociéndoseles, en tal sentido, carácter vinculante; ambos instrumentos sirven, además, como marco de referencia para la negociación de tratados o convenios bilaterales o multilaterales sobre la materia.

8.1.2. MARCO INSTITUCIONAL

Por el tratado de 1997 arriba mencionado se creó una *Comisión Trinacional para la ejecución del Plan Trifinio (CTPT)*, integrada por una Secretaría ejecutiva Trinacional conformada por tres Directores Ejecutivos Nacional (uno por país), nombrados directamente por la Vicepresidencia respectiva y un Secretario Ejecutivo Trinacional nombrado por la CTPT, que la representa legalmente, coordina sus acciones con las Direcciones Ejecutivas Nacionales y es la máxima autoridad operativa para efectos del Plan. La CTPT está integrada también por un Comité Consultivo integrado por autoridades locales, organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil, quien está facultado para opinar.

La *Mancomunidad Trinacional Frontera Río Lempa* fue constituida en el 2005 mediante escritura pública autorizada por Notario guatemalteco, por alcaldes de los tres Estados con territorio dentro del Trifinio, conforme a la normativa para organizar asociaciones civiles de Guatemala. La Mancomunidad tiene por objeto buscar el desarrollo integral sostenible de los municipios; formular y ejecutar políticas públicas, planes, programa y proyectos municipales e intermunicipales y subregionales. Entre los fines de la Mancomunidad están crear, desarrollar, coordinar y regular planes, programas, proyectos y actividades conjuntas para la protección, conservación, manejo sustentable de recursos naturales del territorio de la cuenca alta del río Lempa, promoviendo el uso racional del suelo, la conservación y el cuidado y protección del agua como bien público regional; promover la firma de convenios de la Mancomunidad con los gobiernos centrales y locales que comparten cuencas o subcuencas binacionales o trinacionales, entre otras.

Actualmente los municipios de la región Trifinio implementan una política local en materia de aguas internacionales denominada *Política pública local transfronteriza “Aguas Compartidas” El Salvador-Guatemala-Honduras (2013)*, puesta en marcha por la Mancomunidad Copan Chortí (Guatemala) y la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa. Por esta política local transfronteriza se busca propiciar el ordenamiento de los recursos hídricos compartidos en función de los objetivos locales de manejo de cuencas. La política alude a la necesidad de un instrumento jurídico específico para regular el tema de las aguas, cuya suscripción promueve a través de acciones de incidencia y cabildeo ante ministerios rectores (política exterior), gobiernos (central, Presidencia de la República) y congresos nacionales de los tres países.

8.1.3. EVALUACIÓN

La arquitectura jurídica e institucional trinacional propia del Plan Trifinio no tiene una vinculación directa con las aguas subterráneas de la región.

Cabe destacar además que la Política pública local transfronteriza «Aguas Compartidas» El Salvador - Guatemala - Honduras es un planteamiento hecho por autoridades locales, sin vinculación directa con las aguas subterráneas de la región. Es más, la mencionada Política abarca una temática que es

competencia de instituciones nacionales; y si bien podría responder a intereses genuinos locales, necesitaría de legitimación por las instancias y medios gubernamentales idóneos.

8.2. Análisis y evaluación de los marcos legales e institucionales nacionales sobre aguas subterráneas de los países de la región Trifinio

8.2.1. EL SALVADOR

A. Marco legal

Si bien los recursos hídricos salvadoreños son bienes públicos, el marco jurídico nacional sobre la gestión de los mismos es múltiple y disperso, compuesto por más de veinte leyes que lo regulan y alrededor de diez instituciones competentes.

La *Ley de Riego y Avenamiento (1970)* regula el uso de aguas subterráneas con fines agropecuarios mediante permisos y concesiones para el aprovechamiento de aguas subterráneas con fines de riego. De acuerdo con la *Ley del Medio Ambiente (1998)*, para el aprovechamiento y uso de los recursos hídricos nacionales, superficiales y subterráneos, se deberá obtener el Permiso Ambiental de la autoridad correspondiente. El *Reglamento General de La Ley de Medio Ambiente (2000)*, establece los criterios de uso del agua de las cuencas hidrográficas y mantos acuíferos. La *Ley sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos (1981)* encomienda al Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, que ya no existe en el país, elaborar el Plan Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, que abarquen las aguas continentales, superficiales y subterráneas, así como marítimas intermedias, comprendiendo en dicho plan, el aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas compartidas. Esta ley se encuentra vigente pero no se aplica por falta de institucionalidad.

La *Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (2011)* manda la formación de un Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial conteniendo la estrategia y directrices territoriales relativas a la gestión de los recursos hídricos, con especial énfasis en la protección de fuentes superficiales, zonas de recarga acuífera y mantos subterráneos. En el ámbito local, se establece que los planes municipales y micro regionales de ordenamiento y desarrollo territorial, deberán contener previsiones de actuación en zonas rurales, que garanticen la protección de los recursos hídricos, especialmente las fuentes superficiales, zonas de recarga acuífera y mantos subterráneos. La protección de las zonas de recarga de acuíferos recae también en el ámbito de la *Ley Forestal (2002)*, pues la misma declara zonas de uso restringido para el manejo forestal sostenible de la vegetación existente los terrenos que bordean los nacimientos de agua o manantiales; y los terrenos de las partes altas de las cuencas hidrográficas, en especial las que están en zonas de recarga hídrica.

La protección de las aguas subterráneas contra la contaminación se encuentra regulada en la *Ley del Medio Ambiente (1998)* y reglamentos, normativas y criterios de categorización de actividades o proyectos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). El MARN es competente para la conservación y protección de los recursos hídricos, la vigilancia de la calidad de vertidos a cuerpos receptores y el otorgamiento de permisos ambientales para la construcción y funcionamiento

de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, el Ministerio elaborará las directrices para la zonificación ambiental y usos del suelo, que deberán ser observadas en los planes de ordenamiento territorial que formule el Gobierno Central y los Municipios.

La **Ley de Minería (1996)** establece disposiciones para proteger las aguas subterráneas de la contaminación, estableciendo que el Ministerio competente puede declarar zonas del territorio nacional como no compatibles para la minería por ser fuentes de agua subterránea o superficial, asimismo el tratamiento de las aguas residuales de la actividad minera.

El **Código Penal (1997)** sanciona unos delitos de contaminación ambiental, consistiendo en provocar o realizar vertidos de cualquier naturaleza en el suelo, aguas terrestres superficiales o subterráneas (o marítimas) en contravención de las leyes y reglamentos y que ponga en peligro la salud o calidad de vida de las personas, el equilibrio de los sistemas ecológicos o del medio ambiente.

B. Marco institucional

El Salvador carece de una institución nacional o ente rector para la gestión de recursos hídricos; esta función siendo compartida entre diversas instituciones competentes.

Las instituciones principales que desempeñan roles de regulación y vigilancia en el uso de aguas subterráneas son: el *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)* que es el ente rector en materia ambiental y a la vez regulador a través del permiso ambiental para sistemas de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales; comparte competencias con el *Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)*, a través de la Dirección de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, que regula los permisos y concesiones para uso de aguas subterráneas con fines agropecuarios.

Otra institución que tiene competencias en la materia de calidad de agua y saneamiento ambiental es el *Ministerio de Salud (MINSAL)*, especialmente vigilando los sistemas de tratamiento de aguas servidas domiciliarias y disposición de excretas, para evitar la contaminación de aguas subterráneas. Las *Municipalidades* a través de sus Unidades Ambientales ejercen un rol fundamental en la aplicación de la legislación ambiental para la protección de los recursos hídricos y elaboración de ordenanzas municipales.

8.2.2. GUATEMALA

A. Marco legal

Guatemala carece de un régimen legal especial de aguas aun cuando así lo mandata la Constitución; se integra por un conjunto de disposiciones legales sin constituir un sistema jurídico y legal capaz de responder a necesidades planteadas. Mediante disposiciones municipales se ha tratado de llenar el vacío de una Ley de Aguas, disposiciones que han sido declaradas inconstitucionales. El régimen legal de las aguas resulta integrado por un conjunto de disposiciones contenidas en diversas leyes emitidas a lo largo de más de setenta años, conforme diversos principios y criterios y para variados objetivos; las de más larga data se preocupan de asegurar derechos de propiedad y derechos de agua; luego destacan las que favorecen el desarrollo de los recursos hídricos para un fin determinado, es decir leyes sectoriales que promueven el uso del agua para fines de riego, energía, pesca, entre otras; y por último se integran disposiciones relativas a la conservación, protección y recuperación del agua desde la perspectiva ambiental.

En materia de aguas subterráneas, la *Constitución de 1985* define como bienes públicos a todas las aguas. El aprovechamiento de las aguas subterráneas se ejerce sin control, salvo la obligación de presentar estudio de impacto ambiental cuando se pretende alumbrar un pozo, estudio elaborado en función de mitigar los impactos ambientales que podría ocasionar una nueva obra o aprovechamiento, pero no como un medio para administrar las aguas subterráneas en cuanto a su acceso, distribución y conservación. En cuanto al aprovechamiento de las aguas para fines mineros, el *Código Civil de 1963* prevé que las aguas subterráneas encontradas son propiedad y pueden ser usadas por el concesionario minero mientras dure ese derecho, cuyo plazo puede ser hasta de 25 años prorrogables, como lo fija la *Ley de Minería*.

Ante la ausencia de normativa específica, la reducción y control de la contaminación de las aguas subterráneas se circunscribe a las acciones que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) realiza conforme a la *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente* de 1986 que básicamente consisten en las medidas generales para la protección del ambiente. El *Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos* contiene la prohibición expresa de descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático; y para evitar impactos adversos en el manto freático, en el caso de lodos que requieran confinamiento o aislamiento, deben disponerse en recintos autorizados por el MARN.

B. Marco institucional

A nivel gubernamental el MARN es responsable del control de la calidad y cantidad del agua y demás elementos ambientales. Durante los últimos años, el MARN ha trabajado en la definición de una política para el manejo de las cuencas hidrográficas; y actualmente (2015) se encuentra reformulando la política de recursos hídricos expresada en parte en la Agenda Guatemalteca del Agua, aprobada en el 2013. En cuanto a las aguas subterráneas, no se identifica autoridad alguna que administre su aprovechamiento salvo los municipios pero exclusivamente en cuanto a los pozos o aguas que directamente utilizan para prestar el servicio de agua potable.

A nivel no-gubernamental, el *Reglamento de Riego* (1972) instituye las Asociaciones de Usuarios de los Distritos de Riego construidos por el Estado, pero actualmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) no cuenta con registros abiertos al público para informarse acerca de cuántas de éstas fueron organizadas y si aún funcionan.

8.2.3. HONDURAS

A. Marco legal

Hasta 2009, la legislación sobre el agua en Honduras era dispersa, obsoleta y a menudo contradictoria. Con la emisión de la *Ley General de Aguas* (agosto 24, 2009) se ha procurado sistematizar su regulación, aunque su texto también presenta algunas contradicciones y lagunas que ameritarían su revisión; también se requiere su adecuada reglamentación. Esta Ley, aplicable a las aguas superficiales y subterráneas, es el marco general de regulación del agua; incluye, entre otros aspectos, la organización administrativa encargada de su gestión, principios para la planificación hidrológica, dominio público de las aguas, aprovechamientos y títulos de otorgamiento, su suspensión, revocación o caducidad, protección de los recursos hídricos contra la contaminación (permisos de vertido, prohibición de verter efluentes en zonas de infiltración o de recarga de acuíferos), régimen económico (canon y otras retribuciones) e infracciones y sanciones. No obstante, la falta de organización de

la Autoridad del Agua y la carencia de recursos técnicos y económicos suficientes dificultan su plena aplicación, incidiendo negativamente en la adecuada gestión de los recursos hídricos.

Por ejemplo, no obstante que la Ley General de Aguas está vigente, se siguen aplicando criterios de la anterior *Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales* (1927) para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento. Salvo disposiciones generales sobre el registro, uso y control de plaguicidas y sustancias afines, no se dispone de regulaciones específicas relativas a las prácticas de cultivo de la tierra que puedan contaminar las aguas subterráneas.

De manera general la Ley General de Aguas dispone que las áreas de recarga de acuíferos pueden ser objeto de “afectaciones de uso” como mecanismo de protección (restricción de prácticas agrícolas, por ejemplo); esas mismas áreas también pueden declararse áreas de reserva, debiendo ser objeto de forestación o reforestación. Por otra parte también de manera general la Ley General del Ambiente dispone que los interesados que deseen realizar cualquier obra o actividad susceptible de alertar o deteriorar gravemente el ambiente o los recursos naturales están obligados a informar de la misma a la autoridad competente y a preparar una evaluación del impacto ambiental incluyendo, entre otras actividades, proyectos de urbanización, asentamientos humanos forestales y cualesquiera otras actividades capaces de causar daños severos al equilibrio ecológico.

B. Marco institucional

De acuerdo con la Ley General de Aguas, la Autoridad del Agua (organismo descentralizado de la actual Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas) es el órgano encargado de su aplicación y de la ejecución de las políticas del sector hídrico. La propuesta y concertación de esas políticas está a cargo del Consejo Nacional de Recursos Hídricos, órgano colegiado adscrito a la citada Secretaría (Ministerio), con participación pública y privada; se crea también el Instituto Nacional del Recurso Hídrico, adscrito a la Autoridad del Agua, como una unidad técnica de apoyo para la formulación de estudios y de planes hidrológicos, entre otras atribuciones. A nivel regional, está prevista la creación de agencias regionales de la Autoridad del Agua; asimismo, se prevé la constitución de consejos de cuenca con participación de agentes públicos y privados, procurando la participación ciudadana en el cumplimiento de la Ley y de las políticas y planes de gestión hídrica.

Esta estructura administrativa, sin embargo, no se ha implementado; por ello, la Dirección General de Recursos Hídricos (Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas), órgano creado con carácter previo a la Ley citada, continúa operando como autoridad nacional en el sector. La Dirección General de Recursos Hídricos actúa como autoridad nacional y conoce de los expedientes para la autorización de aprovechamientos de agua (incluyendo aguas subterráneas), siendo resueltos finalmente por la Secretaría (Ministerio) de Energía Recursos Naturales, Ambiente y Minas. Las normas sobre vertidos (prevención de la contaminación de las aguas subterráneas) de la Ley General de Aguas, incluyendo su autorización por la Autoridad del Agua y posibles sanciones, no están siendo aplicadas; no obstante, la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas recibe denuncias de contaminación ambiental (por descargas de aguas residuales domésticas o industriales, o por incumplimiento de medidas de mitigación en proyectos con licencia ambiental, por ejemplo), requiriendo dictámenes técnicos o análisis de laboratorio al Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), dependiente de esa misma Secretaría, imponiéndose multas cuando se acredita una infracción administrativa; en casos más graves que puedan tipificar un delito ambiental la Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas remite el expediente a la Fiscalía General del Estado.

Por otra parte, la Ley General de Aguas también prevé la intervención de las municipalidades, facultándolas para otorgar a nivel local permiso y licencias para el aprovechamiento de aguas pro micro y pequeñas empresas pequeños sistemas de riego y pequeñas actividades agropecuarias, o para abastecimiento a comunidades rurales por medio de Juntas de agua u organizaciones comunitarias; así mismo, está prevista su intervención con carácter vinculante en el otorgamiento de permisos para explotación o perforación de pozos

En otro sentido, la citada Ley también prevé la constitución de organizaciones de usuarios. Sin ser las previstas en la Ley, se conocen experiencias de organizaciones de usuarios en sistemas o distritos de riego (conservación y manejo de estructuras, distribución del agua con fines agrícolas); también en sistemas rurales de abastecimiento de agua por medio de organizaciones de vecinos (protección de fuentes de captación, operación y mantenimiento de infraestructuras, gestión del servicio de abastecimiento, captación y administración de tarifas); como puede apreciarse, estas organizaciones se limitan a los usuarios de un aprovechamiento determinado.

8.3. Conclusiones y recomendaciones

8.3.1. A NIVEL TRANSFRONTERIZO

El marco jurídico que existe a nivel transfronterizo de los tres países compartiendo la región del Trifinio resulta inadecuado a las exigencias propias de la cooperación sobre las aguas subterráneas de la región. Esta inadecuación debe principalmente a dos factores:

- La falta de atención a las aguas subterráneas compartidas en la región, en el Tratado del Plan Trifinio, y el hecho de que existen dos acuíferos: El Salvador y Honduras comparten el acuífero denominado Ocotepeque-Citalá, mientras que el acuífero denominado Esquipulas subyace a Guatemala solamente, y por lo tanto no resulta compartido con ni uno ni otro de los Estados vecinos.
- Por otro lado, el marco institucional trinacional existente para la región del Trifinio – es decir, la CTPT y sus órganos – si bien no abarca a los acuíferos compartidos en la misma región, constituye un marco referencial y de respaldo técnico que El Salvador y Honduras podrán aprovechar al perseguir objetivos de cooperación enfocada sobre el acuífero que los mismos dos Estados comparten.

Se recomienda por lo tanto que tanto El Salvador como Honduras:

- Sigam identificando y profundizando áreas y objetivos concretos de cooperación binacional con miras al mejor conocimiento y al buen manejo del acuífero denominado Ocotepeque-Citalá que los mismos comparten.
- Reflexionen al mismo tiempo sobre la oportunidad de concretizar la cooperación binacional en un comité técnico específico para el acuífero arriba mencionado, integrado por los funcionarios que correspondan de ambos países, en el seno de la CPTP, o fuera de la misma, pero con los enlaces oportunos a la Comisión.

8.3.2. A NIVEL LOCAL

Los marcos jurídicos nacionales tanto salvadoreño como guatemalteco sobre aguas en general, y sobre las subterráneas en particular, resultan múltiples y dispersos, compuestos por distintas leyes emitidas en momentos diversos abarcando temas o aspectos sectoriales, sin constituir un sistema jurídico y legal capaz de responder a las necesidades de una gestión moderna y eficaz de un recurso de importancia estratégica. En ambos países falta además una autoridad única nacional con mandato y capacidad de rectoría de las aguas en general, y de las subterráneas en particular. En Honduras, el marco legal resulta más avanzado, sin embargo no se cumple por falta de reglamentos de aplicación de la nueva Ley de Aguas (2009), y de la institucionalidad que le corresponde (Autoridad de Aguas).

Se recomienda por lo tanto:

- Que tanto El Salvador como Guatemala sigan con las reformas en curso del marco legal sobre recursos hídricos en general, brindando una atención particular a las aguas subterráneas
- Que Honduras complete la reforma iniciada en 2009 con la nueva Ley de Aguas, dictando cuanto antes los reglamentos necesarios para su aplicación concreta
- Que los tres países den seguimiento a las reformas institucionales vislumbradas en los proyectos de reforma de la legislación de aguas (El Salvador, Guatemala) o en la Ley de Aguas (Honduras), mediante el fortalecimiento de las capacidades de las instituciones existentes. Esta sugerencia se emite en preparación de las reformas futuras oportunas y necesarias (El Salvador, Guatemala) o en actuación de las que se han definido ya en la Ley de Aguas en vigor (Honduras).



Capítulo 9. Diagnóstico



9.1. Propósito y enfoque

Mediante el estudio de las aguas subterráneas de la región Trifinio se realizó una evaluación multidisciplinaria con el propósito de lograr una completa caracterización y un diagnóstico lo más detallado posible del que inicialmente se consideraba un acuífero único de carácter trinacional compartido entre Guatemala, Honduras y El Salvador.

El estudio se centró en cinco aspectos básicos: a) Establecer si el acuífero era trinacional y cuantos acuíferos existen en la zona de estudio, b) Revisar, evaluar, discriminar y priorizar la información y el conocimiento sobre las aguas subterráneas en la región del Trifinio y valorar los vacíos de información, c) Analizar cuáles eran los niveles de gobernanza local para la gestión de las aguas subterráneas, d) Establecer cuál era la aplicación del enfoque de género y los indicadores utilizados en los proyectos del área y e) Valorar que fortalezas tiene la legislación nacional en cada país para promover una gestión integral y compartida de los recursos hídricos subterráneos en la zona.

El diagnóstico sobre el estado de los acuíferos incluyó la utilización de una metodología preparada por UNESCO, basada en indicadores. La revisión y discriminación de la información disponible y la respectiva identificación de los vacíos de información orientaron las principales líneas de investigación y los trabajos de campo prioritarios para completar el diagnóstico de ambos acuíferos.

9.2. Caracterización de recursos

Varios hechos importantes surgieron de la síntesis hidrogeológica preparada durante la fase inicial del proyecto. Mediante la aplicación de un enfoque multidisciplinario y sistemático, se logró establecer en una primera etapa los niveles de conocimiento sobre las aguas subterráneas en la zona y sobre el acuífero inicialmente conocido como Esquipulas-Ocotepeque-Citalá. Posteriormente y mediante un estudio geofísico se estableció que en realidad en la zona del proyecto existen dos acuíferos: el del valle de Esquipulas en el lado guatemalteco y el de Ocotepeque-Citalá compartido por Honduras y El Salvador. Este resultado es sumamente importante para las futuras acciones de incidencia y fortalecimiento de la gobernanza local del agua subterránea en la región del Trifinio.

Se logró determinar que el único elemento de unión está representado por el propio río Lempa, contribuyendo a la vez éste a la descarga y la recarga de los dos acuíferos. El estudio de la estratigrafía de los pozos perforados disponible ha permitido identificar dos capas acuíferas principales, presentes tanto en el Valle de Esquipulas como en el de Ocotepeque- Citalá.

El patrón de los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque- Citalá es similar y se han identificado dos capas acuíferas principales, una poco profunda (0-40 metros), no confinada y vulnerable, donde la mayor parte de las extracciones de agua tienen lugar, y otra más profunda (en torno de 100 metros de profundidad), confinada y menos vulnerable. Ambas capas están separadas por un acuitardo de aproximadamente 60 metros de espesor.

En ambos casos se han identificado dos capas acuíferas principales, una poco profunda (0-40 metros), no confinada y vulnerable, donde la mayor parte de las extracciones de agua tienen lugar, y otra más profunda (en torno de 100 metros de profundidad), semi-confinada (aluviales gruesos o rocas

volcánicas fracturadas) y menos vulnerable. Existen tres pozos (18 y 19 en el Cuadro 4.1 y W18 en el Cuadro 5.1) que parecen haber alcanzado este acuífero más profundo de los cuales se dispone de datos litológicos.

Los acuíferos Esquipulas y Ocotepeque-Citalá están delimitados por afloramientos de rocas volcánicas de la formación Padre Miguel impermeable e hidrotermalizado. La recarga es proporcionada por las lluvias en el fondo del valle a sí mismos, y por el sistemas de escorrentía y drenaje incluidos el Río Lempa.

La naturaleza altamente impermeable de la formación Padre Miguel parece excluir cualquier recarga controlada por fracturas de esta formación, con la excepción del sistema de fallas que cruza el valle aguas abajo de Esquipulas, marcada por manifestaciones termales (Aguas Calientes).

Durante los recorridos de campo y las investigaciones llevadas a cabo se identificaron 32 pozos adicionales a los que se tenían identificados en el inventario realizado por el Plan Trifinio con el proyecto del Organismo Internacional de Energía Atómica (RLA 8540), de los cuales 17 corresponden a pozos artesanales y 15 a mecánicos. Al final se han identificado 85 pozos artesanales (excavados), 29 pozos mecánicos (perforados) y 460 manantiales identificados (Figura 3.6). Es importante no olvidar que un 30% de estos pozos no están en funcionamiento, ya que algunos han sido construidos recientemente y otros los han dejado abandonados porque ya no se requiere del agua en el lugar donde fueron construidos. Existen tres pozos (18 y 19 en el Cuadro 4.1 y W18 en el Cuadro 5.1) que parecen haber alcanzado este acuífero más profundo de los cuales se dispone de datos litológicos. Según los datos colectados tanto en campo como información generada por otros proyectos, para el acuífero Esquipulas se tiene datos de caudales únicamente de un pozo excavado (capa acuífera superficial) y su rendimiento es de 4,4 m³/h, mientras que para la capa acuífera confinada se tiene un rendimiento que varían de 27,7 a 56,8 m³/h. En el caso del acuífero Ocotepeque-Citalá, presenta rendimiento en la capa acuífera superficial de 2,6 a 11,4 m³/h y en la capa acuífera profunda rendimientos de 12,5 a 45,9 m³/h.

9.3. Gobernanza del agua subterránea en la región

La Comisión Nacional del Plan Trifinio es la institución de carácter regional clave en la zona para la coordinación de actividades dentro y entre los países y para apoyar, fortalecer y facilitar los procesos que permitan alcanzar una gestión integral y sostenible de los recursos naturales (incluidos los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos), así como promover y alcanzar acuerdos binacionales o regionales para una gestión de los recursos hídricos en las cuencas que se comparten entre los países.

Hasta ahora la gobernanza local del recurso agua superficial y de las aguas subterráneas en la región Trifinio ha venido siendo ejercida por los actores locales, las juntas administradoras de agua a nivel comunitario, las alcaldías a nivel municipal y la Mancomunidad Trinacional río Lempa que agrupa a los municipios fronterizos en los tres países y que juega un rol de integrador de intereses municipales y comunitarios, además de promover una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en su área de acción.

Se puede decir que en general son las alcaldías municipales las que tienen la responsabilidad de velar por el abastecimiento de agua a las comunidades y a las zonas urbanas y por ello son quienes intervienen en la solución de problemas de interés ambiental o en conflictos por el uso y aprovechamiento de las aguas en su territorio y de esa manera propician acuerdos, establecen políticas y normativas para su gestión.

Sin embargo, a nivel municipal, se puede constatar la falta de conocimiento sobre dichos recursos, especialmente sobre la ubicación, cantidad y disponibilidad del agua subterránea, recurso que desde hace muchos años se viene aprovechando en la zona sin ningún tipo de consideración técnica.

Aunque los proyectos que se han llevado a cabo y los que están en ejecución en la zona han proporcionado datos e información y también han ayudado a avanzar en la protección de los recursos hídricos, todavía hace falta mucho trabajo de concientización, socialización, fortalecimiento de capacidades locales y especialmente de reconocimiento del valor estratégico de los recursos hídricos en la región en donde tradicionalmente ha existido un déficit que en los últimos años se ha visto agravado por efecto de la variabilidad y el cambio climático.

9.4. El valor de las aguas subterráneas en el área del Trifinio

122

Los acuíferos de Esquipulas y de Ocatepeque-Citalá tienen un valor social, ambiental y económico muy importante, ya que de acuerdo a la información recopilada en las Municipalidades del área un 47,7% y 17,4% del agua que se utiliza para consumo humano proviene de manantiales y pozos, respectivamente (Cuadro 2.7). Se sabe que la población del área depende completamente del agua de lluvia para la producción agrícola, para la ganadera, industria, turismo.

9.5. Problemas de la gestión de las aguas subterráneas

Debido a la falta de infraestructura para el abastecimiento de agua en el área rural, las comunidades recurren al uso de agua subterránea mediante fuentes tradicionales como los nacimientos. Como estos cada vez están aportando menos caudales, y en la época más seca quedan sin agua, las comunidades están construyendo pozos artesanales para satisfacer sus necesidades básicas. La administración del agua tanto superficial como subterránea se viene realizando a través de las asociaciones de usuarios de agua, juntas o comités de agua en todos los municipios del área de estudio y se ha podido contabilizar que son 1.120 personas (27% mujeres y 73% hombres) que pertenecen a estas organizaciones, las cuales en su mayoría no son puestos remunerados, identificándose que 5 personas que ocupan el puesto de fontanero sí reciben un pago el cual en promedio es de \$90.00/mes.

9.5.1. AGOTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La demanda de agua subterránea cada vez es mayor debido al incremento poblacional, escasez y mala calidad de fuentes superficiales tanto para consumo humano como para agricultura y ganadería. Se estima que del área de estudio se extrae un volumen de agua subterránea de unos 4.930.723 m³/

año que se utilizan principalmente para uso doméstico y consumo humano. Para la agroindustria se estiman que se extraen alrededor de 178.500 m³/año; cabe destacar que algunos propietarios de pozos están contemplando la idea de usarlos para la producción agrícola debido a que el agua superficial cada vez es más escasa contándose en los últimos años con quebradas temporales.

9.5.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea se obtiene a través de los manantiales que afloran a la superficie y por construcción de pozos artesanales y mecánicos. Se sabe que en general la calidad del agua subterránea es apta para consumo humano de acuerdo a estudios realizados en los diferentes pozos mecánicos. La calidad del agua que es extraída de la capa acuífera superficial disminuye debido a que se ve afectada por diferentes factores que pueden contaminarla tales como:

- Los desechos sólidos depositados en botaderos a cielo abierto, a través de los lixiviados, teniendo mayor incidencia en el Municipio de Esquipulas en Guatemala y Ocotepeque en Honduras ya que en los Municipios de San Ignacio y Citalá en El Salvador la basura es recolectada y llevada a la planta de compostaje, así también existen algunas comunidades las desechos sólidos son colocados en los pozos artesanales que han dejado de utilizarlos.
- Tanques enterrados de gasolineras con fugas
- Aguas residuales vertidas sin tratamiento a cuerpos de agua que pueden ceder agua al acuífero en época seca.
- Beneficios de café, sin un adecuado manejo de aguas mieles y pulpa.
- Mal manejo de la disposición de excretas.
- Contaminación por agroquímicos.

9.6. Síntesis de situación: Indicadores

El Cuadro 9.2 presenta los indicadores preparados por UNESCO que permiten describir de manera sintética la situación actual de las aguas subterráneas en la región Trifinio. Estos indicadores se aplican para ambos acuíferos Esquipulas (Guatemala) y Ocotepeque-Citalá (El Salvador-Honduras). Varias opciones en la columna "Classification" indican que el valor del indicador está (o se supone que está) en el rango indicado por las opciones.

Cuadro 9.2 | Indicadores que describen de manera sintética la situación actual de las aguas subterráneas en la región Trifinio (en inglés)

No	Categories and indicator names	Indicator definitions	Score	Classification	Comments
1 - Defining or constraining the value of aquifers and their potential functions					
1.1	Mean annual groundwater recharge depth (mean annual recharge volume per unit of area)	Long-term mean groundwater recharge, including man-made components (return-flows, induced recharge, artificial recharge), divided by area	mm/year	1. Very low: < 2 mm/yr 2. Low: 2 -20 mm/yr 3. Medium: 20-100 mm/yr 4. High: 100-300 mm/yr 5. Very high: > 300 mm/yr	No recharge data. Expected value in one of the classes 3 – 5

No	Categories and indicator names	Indicator definitions	Score	Classification	Comments
1.2	Annual amount of renewable groundwater resources per capita	Long-term mean groundwater recharge, including man-made components, divided by the number of inhabitants of the area occupied by the aquifer	m ³ /yr/capita	1. Low: < 1000 2. Medium: 1000 - 5000 3. High: > 5000	Population in the study area is around 140 000 inhabitants
1.3	Natural background groundwater quality	Percentage of the area occupied by the aquifer where groundwater is found of which natural quality satisfies local drinking water standards	%	1. Very low: < 20% 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80%	
1.4	Aquifer buffering capacity	Ratio between volume stored and long-term mean groundwater recharge (equivalent to mean residence time)	< 100 years ?	1. Low: < 10 years 2. Medium: 10 – 100 years 3. High: > 100 years	
1.5	Aquifer vulnerability to climate change	Extent of expected groundwater budget regime change in response to change in climatic conditions		1. Low: confined aquifers containing only fossil water or receiving negligible recent recharge (deep aquifer only) 2. Medium: weakly recharged aquifers with limited interaction with other components of the hydrological cycle, due to location at considerable depth and/or hydraulic confinement. 3. High: aquifers actively interacting with streams, atmosphere and/or sea (shallow alluvial aquifer only)	There are two aquifers: a shallow alluvial aquifer and a deep confined aquifer)
1.6	Aquifer vulnerability to pollution	Percentage of its horizontal area where the aquifer is considered moderately to highly vulnerable to pollution	100 %	1. Very low: < 20% (deep confined aquifer only) 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80% (shallow alluvial aquifer only)	There are two aquifers: a shallow alluvial aquifer and a deep confined aquifer)
2 - Role and importance of groundwater for humans and the environment					
2.1	Human dependency on groundwater	Percentage of groundwater in total water abstraction for all human water uses.	%	1. Very low: < 20% 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80%	
2.2	Human dependency on groundwater for domestic water supply	Percentage of groundwater in water abstraction for domestic water use.	%	1. Very low: < 20% 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80%	
2.3	Human dependency on groundwater for agricultural water supply	Percentage of groundwater in water abstraction for agricultural water use (mainly irrigation).	%	1. Very low: < 20% 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80%	
2.4	Human dependency on groundwater for industrial water supply	Percentage of groundwater in total water abstraction for domestic water use.	%	1. Very low: < 20% 2. Low: 20 -40% 3. Medium: 40-60% 4. High: 60-80% 5. Very high: > 80%	
2.5	Ecosystem dependency on groundwater	Percentage of the aquifer's area where the aquifer has a phreatic water level shallower than 5 m below surface	%	1. Very low: < 5% 2. Low: 5 – 10% 3. Medium: 10-25% 4. High: 25-50% 5. Very high: > 50%	

No	Categories and indicator names	Indicator definitions	Score	Classification	Comments
2.6	Prevalence of springs	Total annual groundwater discharge by springs, divided by mean annual groundwater recharge	%	1. Very low: < 5% 2. Low: 5 – 10% 3. Medium: 10-25% 4. High: 25-50% 5. Very high: > 50%	
3 – Changes in groundwater state					
3.1	Groundwater depletion	Observed current rate of long-term progressive decrease of groundwater storage (accompanied by steadily declining groundwater levels), expressed as an equivalent depth of water averaged over the aquifer.	mm/year	1. Absent to very low: < 2 mm/yr 2. Low: 2 -20 mm/yr 3. Medium: 20-50 mm/yr 4. High: 50-100 mm/yr 5. Very high: > 100 mm/yr	
3.2	Groundwater pollution	Observed polluted zones as a percentage of total aquifer area (due to pollution caused water quality to exceed drinking water quality standards)	%	1. Very low: < 5% 2. Low: 5 – 10% 3. Medium: 10-25% 4. High: 25-50% 5. Very high: > 50%	
4 - Drivers of change and pressures					
4.1	Population density	Number of people per unit of area on top of the aquifer	Persons/ km ²	1. Very low: < 1 p/km ² 2. Low: 1-10 p/km ² 3. Medium: 10-100 p/km ² 4. High: 100-1000 p/km² 5. Very high: > 1000 p/km ²	
4.2	Groundwater development stress	Total annual groundwater abstraction divided by long-term mean annual groundwater recharge	%	1. Very low: < 2% 2. Low: 2-20% 3. Medium: 20-50% 4. High: 50-100% 5. Very high: > 100%	
5 – Enabling environment for transboundary aquifer resources management					
5.1	Transboundary groundwater management legal framework	Existence, status and comprehensiveness of a binding agreement on the transboundary aquifer or SIDS groundwater under consideration	Scores	1. No agreement in existence, nor under preparation 2. Agreement under preparation or available as an unsigned draft 3. Agreement with limited scope signed by all parties (e.g. agreement to co-operate or exchange information) 4. Agreement with full scope for TBA management signed by all parties.	
5.2	Transboundary groundwater management institutional framework	Existence, mandate and capabilities of institutions or institutional arrangements for managing the transboundary aquifer or SIDS groundwater under consideration (all types of interventions)	Scores	1. No institutions in existence that have the mandate and capability for TBA management 2. Such institutions do exist, but with limitations in mandate and/or capability for TBA management 3. Domestic agencies do exist that have full mandate and adequate capabilities for TBA management 4. A special bi- or multi-national transboundary institution has been established with full mandate and adequate capabilities for joint management of the specific TBA.	

CONCLUSIONES

De acuerdo al diagnóstico y a los valores indicados en la tabla, se destacan algunos de los temas de tendrán que abordarse en el futuro, por parte de los actores que corresponda en cada caso.

- Las condiciones de recarga de los acuíferos (Esquipulas y Ocotepeque-Citalá) son relativamente buenas particularmente en la zona de los valles en donde - por las características aluviales, de pendiente y tipo de geología, suelos y otros factores - hay una alimentación abundante del acuífero somero. En el caso del acuífero más profundo, cuya recarga es más de tipo regional y cuyas zonas de infiltración hídrica están siendo seriamente afectadas - por la agricultura estacional, la deforestación, los incendios forestales, la ganadería extensiva, la erosión y degradación de los suelos y otros factores asociados - la recarga natural está disminuyendo.
- Del acuífero somero se obtiene el agua que se utiliza en la mayoría de las comunidades del área rural, pero puede existir contaminación bacteriológica y por lo tanto puede no ser apta para consumo humano. La contaminación bacteriológica del agua del acuífero somero puede ser la causa de una alta ocurrencia de enfermedades gastrointestinales, particularmente en niños.
- El acuífero somero es altamente vulnerable debido a sus características estratigráficas y geológicas. Sin embargo, el segundo acuífero más profundo presenta muy bajos valores de vulnerabilidad debido a estar en condiciones de semiconfinamiento protegido por una capa superior impermeable.
- En la zona de los acuíferos hay una mediana a alta dependencia del agua subterránea para consumo humano, situación que ha ido creciendo debido a los efectos e impactos de la variabilidad y el cambio climático en la región; estas condiciones han dado lugar a la reducción de la recarga hídrica natural y la disminución de los caudales superficiales (ríos, riachuelos) especialmente en la época de estiaje.
- Debido a los impactos del cambio climático, el uso de agua subterránea para actividades agrícolas e industriales también ha venido aumentando; de mantenerse la tendencia actual los volúmenes de extracción de aguas subterráneas se verán incrementados sustancialmente en los próximos años.

Otros factores que contribuyen a la complejidad de la situación antes descrita, y que pueden llevar a situaciones de insostenibilidad y conflictos sociales en el futuro cercano se cuentan, entre otros:

- El rápido crecimiento poblacional en la zona de los acuíferos, en donde ya se tiene una alta densidad poblacional,
- Los desarrollos urbanos desordenados;
- La perforación de pozos en toda la zona de forma incontrolada, sin estudios técnicos, sin normativas y especialmente sin considerar las capacidades de los acuíferos para producir agua y ser recargados naturalmente
- La falta de marcos normativos nacionales o locales para la gestión de las aguas subterráneas nacionales o para las que son de carácter compartido con otro país; implicando limitada capacidad institucional para lograr acuerdos, promover la buena gobernanza local del agua y lograr una gestión sostenible de los recursos subterráneos.

9.7. Gestión de datos e información

El objetivo principal del Sistema de Gestión de Información del proyecto GGRETA (IMS por sus siglas en inglés) es brindar una plataforma en línea para recolectar, organizar, diseminar y analizar en forma consistente la información recolectada sobre los acuíferos transfronterizos de los casos de estudio. Mediante un sistema de información como el IMS de GGRETA es posible contar con información oportuna, veraz, confiable y disponible para facilitar la toma de decisiones y para apoyar y facilitar los procesos de gobernanza del acuífero, a nivel doméstico y transfronterizo. La centralización de datos e información en un IMS permite a los países contar con información sistematizada, homologada, actualizada y priorizada para que puedan definir acciones de cooperación para lograr una gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos que comparten.

Mediante el IMS los usuarios registrados para un caso de estudio pueden: 1) cargar / actualizar datos por sí mismos (información de mapas y documentos) y 2) Compartir, visualizar, analizar y discutir los resultados antes de poner los datos a disposición del público. En la configuración actual es el Coordinador del caso de estudio quien tiene la autoridad para definir, con previo acuerdo de los países involucrados, qué datos o información se hace pública y cual no. Este IMS ha sido diseñado por el Centro IGRAC de la UNESCO quien también lo implementa y le da mantenimiento.

Uno de los principales logros del caso de estudio Trifinio respecto a este componente es que ha logrado desarrollar e implementar una base de datos consolidada, es decir un sistema de información geográfica en el cual se tiene toda la información recolectada de los proyectos que se han implementado en la Región Trifinio ordenada y clasificada. La información se ha priorizado, ordenado y estructurado para una buena gestión, administración y uso por parte de los diferentes usuarios (personal gerencia, técnico y administrativo del Plan Trifinio). En el marco del caso de estudio, se organizó para los técnicos el Plan Trifinio y sus socios estratégicos una capacitación sobre Sistemas de Información Geográfica y sobre la operación y mantenimiento de esta base de datos. Ese proceso tuvo mucha aceptación y valoración por las ventajas que su uso y aplicaciones proveen en las actividades que se realizan diariamente en los distintos proyectos que se están implementando en la región. También se ha fortalecido la infraestructura del sistema mediante la donación de equipo a la Gerencia técnica del Plan Trifinio consistente en: un servidor marca HP proliant 2TB, una computadora HP Cor-i5, y dos pantallas de 40 pulgadas.

Para alimentar el IMS del caso de estudio Trifinio, se ha iniciado el envío de datos, información y mapas de los acuíferos de la región del Trifinio a partir del SIG que ya existía en los servicios técnicos del Plan Trifinio hacia el SIG de GGRETA mediante un proceso de vinculación en el cual se ha tenido avances significativos. Uno de los principales inconvenientes que se presentó fue que la estructura de los datos disponibles no cumplía con las especificaciones técnicas para poder ser incorporados al IMS de GGRETA. Un taller específico dedicado a aportar soluciones a este tema fue realizado en Guatemala con el equipo técnico del Plan Trifinio y los consultores del proyecto, con el apoyo de un profesional del Centro IGRAC.

9.8. Aspectos de género

En el área de estudio, se determinó que la aplicación del enfoque de género ha ido cobrando auge en los últimos diez años, gracias a los esfuerzos de generar políticas de estado en los tres países para potenciar la inclusión de la mujer en las actividades productivas y no solamente en las reproductivas.

El proceso de empoderamiento por parte de las mujeres en la región del Trifinio ha sido un impulsado en gran medida por la importancia que las municipalidades le han dado al tema. Es importante resaltar que en las nueve municipalidades del área de estudio se cuenta con una oficina municipal de la mujer que promueve la creación de capacidades a nivel local de la población femenina para lograr el empoderamiento de este segmento de la población como gestoras de su propio desarrollo. En las municipalidades de Esquipulas y Olopa, en Guatemala, se ha actuado eficazmente a favor de las mujeres a través de procesos de capacitación, de empoderamiento y ejecución de proyectos sociales y económicos. En el caso de los municipios de Ocotepeque, Sinuapa, Concepción y Santa fe, en Honduras la situación ha sido diversa. En Sinuapa se ha dado énfasis en el área mujer y medio ambiente; en Ocotepeque en las áreas mujer-derechos y mujer- economía; en los otros municipios el trabajo es incipiente. En El Salvador, se tiene un trabajo muy activo en la municipalidad de La Palma, en donde se ha trabajado en el área de sensibilización y divulgación de los derechos de la mujer; en San Ignacio y Citalá se está iniciando el proceso a través de la elaboración de la política municipal de la mujer.

En cuanto a la Comisión Trinacional Plan Trifinio, su nuevo plan estratégico contemplar la temática de género como un componente transversal con el fin de visibilizar las acciones que ya se han estado trabajando con anterioridad pero que no son visibles al momento de presentar resultados ya que no cuentan con indicadores que permitan medir la participación equitativa de hombres y mujeres y sirvan para generar estadísticas del trabajo diferenciado por sexo.

Durante la ejecución del proyecto se desarrollaron actividades que permitieron el fortalecimiento de las capacidades de las y los funcionarios de las oficinas de la mujer y de medio ambiente de las municipalidades del área de estudio. Además se promovió la implementación de una Estrategia para la adopción el enfoque de género en el Plan Trifinio, sus proyectos y actividades.

Como resultado concreto de las actividades que el proyecto ha realizado en zona del estudio se pueden enumerar:

- La creación de redes de comunicación virtual que permiten mantener comunicación y acceso a apoyo ante diversas situaciones, como por ejemplo la creación de la página de Facebook: Oficinas Municipales de la Mujer de la región Trifinio; el grupo de WhatsApp; el canal de YouTube que está en construcción, con el propósito de compartir las actividades que como municipalidad y proyecto se están ejecutando.
- El empoderamiento que algunas municipalidades han experimentado y el proceso de capacitación han permeado también en las actitudes de los responsables de las unidades ambientales.







Capítulo **10.**
Contexto de
cooperación:
Conclusiones y
recomendaciones

10.1. Marco jurídico e institucional

10.1.1 A NIVEL TRANSFRONTERIZO

El marco jurídico que existe a nivel transfronterizo de los tres países compartiendo la región del Trifinio resulta actualmente inadecuado a las exigencias propias de la cooperación sobre las aguas subterráneas de la región, dada la falta de atención específica para las aguas subterráneas compartidas en la región, en el Tratado del Plan Trifinio.

Como ya se ha explicado, existen dos acuíferos en la zona: El Salvador y Honduras comparten el acuífero denominado Ocotepeque-Citalá, mientras que el acuífero denominado Esquipulas subyace a Guatemala solamente, y por lo tanto no resulta compartido ni con uno ni con otro de los Estados vecinos.

El marco institucional trinacional existente para la región del Trifinio – es decir, la CTPT y sus órganos – si bien no abarca a los acuíferos compartidos de la región, constituye un marco referencial y de respaldo técnico que El Salvador y Honduras podrán aprovechar al perseguir objetivos de cooperación enfocada sobre el acuífero que los dos Estados comparten.

Se recomienda por lo tanto que tanto El Salvador como Honduras:

- Sigam identificando y profundizando áreas y objetivos concretos de cooperación binacional con miras al mejor conocimiento y al buen manejo del acuífero denominado Ocotepeque-Citalá que los mismos comparten,
- Reflexionen al mismo tiempo sobre la oportunidad de concretizar la cooperación binacional en un comité técnico específico para el acuífero arriba mencionado, en el que podrían integrarse los funcionarios que correspondan de ambos países; dicho comité podría funcionar en el seno de la CPTP, o fuera de la misma, pero con los enlaces oportunos a la Comisión.
- Consideren la lista de actores presentados en el capítulo 7 para integrar o apoyar un posible comité técnico.

10.1.2 A NIVEL LOCAL

Los marcos jurídicos nacionales tanto salvadoreño como guatemalteco sobre aguas en general, y sobre las subterráneas en particular, resultan múltiples y dispersos, compuestos por distintas leyes emitidas en momentos diversos abarcando temas o aspectos sectoriales, sin constituir un sistema jurídico y legal capaz de responder a las necesidades de una gestión moderna y eficaz de un recurso de importancia estratégica. En ambos países falta además una autoridad única nacional con mandato y capacidad de rectoría de las aguas en general, y de las subterráneas en particular. En Honduras, el marco legal resulta más avanzado, sin embargo no se cumple por falta de reglamentos de aplicación de la nueva Ley de Aguas (2009), y de la institucionalidad que le corresponde (Autoridad de Aguas).

Se recomienda por lo tanto:

- Que tanto El Salvador como Guatemala sigan con las reformas en curso del marco legal sobre recursos hídricos en general, brindando una atención particular a las aguas subterráneas,

- Que Honduras complete la reforma iniciada en 2009 con la nueva Ley de Aguas, dictando cuanto antes los reglamentos necesarios para su aplicación concreta,
- Que los tres países den seguimiento a las reformas institucionales vislumbradas en los proyectos de reforma de la legislación de aguas (El Salvador, Guatemala) o en la Ley de Aguas (Honduras), mediante el fortalecimiento de las capacidades de las instituciones existentes. Esta sugerencia se emite en preparación de las reformas futuras oportunas y necesarias (El Salvador, Guatemala) o en actuación de las que se han definido ya en la Ley de Aguas en vigor (Honduras).

10.2. Futuros pasos del proyecto para la creación de condiciones favorables

El proyecto ha elevado en gran medida el nivel de conocimiento sobre el recurso en la zona. Si bien aún faltan datos en la evaluación, el estudio ha permitido recopilar y centralizar toda la información existente y aun generar nueva.

A nivel técnico se ha logrado una excelente cooperación de los tres países y se necesita ahora tener mayor incidencia a nivel político. Una gobernanza a nivel transfronterizo presupone un conjunto de estructuras de manejo en cada país primero y el proyecto ha identificado debilidades en aspectos legales e institucionales a nivel doméstico, como se ha detallado en la sección anterior.

Las actividades de una próxima fase deben tener como prioridad un enfoque en la creación de capacidades de El Salvador y Honduras (que son los que comparten el acuífero Ocotepeque-Citalá). Estas capacidades serán útiles para considerar mecanismos de cooperación.

Los cuatro componentes siguientes servirá de guía para las actividades.

Componente 1. Fortalecimiento de capacidades

Componente 2. Mejoramiento del conocimiento técnico del acuífero

Componente 3. Fomento de la gobernanza de las aguas subterráneas

Componente 4. Comunicación, difusión y promoción

En el marco del **componente 1 Fortalecimiento de capacidades**: se debe de diseñar y llevar a cabo en la zona del proyecto un integrado y coherente programa de creación y fortalecimiento de capacidades en diferentes temas y a distintos niveles de manera continua y articulada que permita a los actores locales pasar del conocimiento a la acción.

Entre otros temas se deberían incluir módulos sobre aspectos técnicos (hidrogeología, hidrología, etc.), pero también sobre aspectos legales-institucionales (hidrodiplomacia, gobernanza de aguas subterráneas, coordinación interinstitucional y multisectorial, legislación local y aspectos regulatorios, derecho internacional, etc.), género y otros. Se podrían producir módulos que quedarían a disposición de los países, y para ello sería interesante hacer partícipes a universidades de los países involucrados.

Se debe también promover el fortalecimiento de las capacidades de autoridades locales (oficinas municipales) y de las propias comunidades rurales en cuestiones ambientales y en particular en temas de monitoreo.

Las formaciones están íntimamente ligadas al componente 4 cuando se trate de concientizar a las poblaciones locales sobre el estado del recurso y la influencia de los comportamientos individuales y colectivos sobre el mismo.

En cuanto al **componente 2 Mejora del conocimiento técnico del acuífero** se debe ampliar el trabajo de campo, recopilar más información, completar los vacíos de información, afinar los indicadores y ahondar en las investigaciones para mejorar el modelo conceptual y entender más claramente la dinámica de las aguas subterráneas en los acuíferos de la región del Trifinio. En este componente es fundamental continuar fortaleciendo las actividades e investigaciones del grupo trinacional de investigación en aguas subterráneas.

La facilitación del proceso de desarrollo del **componente 3 Fomento de la gobernanza de las aguas subterráneas** debe conducir a una mejora del diálogo, análisis, intercambio de información y cooperación entre los países que comparten recursos hídricos subterráneos. Lo anterior implica un mayor involucramiento de actores políticos y más esfuerzos en el tema de incidencia por parte del proyecto.

Muchas de las nuevas acciones que se harán en la fase II del proyecto implicarán un marco más formal y contactos con los Ministerios de Recursos Naturales, Medio Ambiente y Relaciones Exteriores, así como con instancias legislativas. Todos estos actores tienen que tener claro hacia dónde se va y la consiguiente necesidad de fortalecer los marcos jurídicos.

Una de las tareas del proyecto consiste en acompañar a los países, organizaciones e instituciones locales a identificar potenciales ámbitos de diálogo y también a formalizar modelos de opciones de cooperación para el manejo conjunto del acuífero.

Todas esas acciones se deberán apoyar en:

- **Concientización y sensibilización**, partiendo del nivel comunitario y haciendo énfasis en la necesidad de informar y dialogar sobre el tema de la importancia de las aguas subterráneas, mediar la información técnica (popularizarla) para que sea comprensible a nivel de las comunidades para que conozcan cómo funciona el sistema acuífero, cuán vulnerable es, cuáles son las áreas prioritarias a intervenir y que se les capacite para que ellos mismos realicen el monitoreo de la calidad y cantidad de sus aguas. El objetivo es alcanzar el reconocimiento de lo estratégico del manejo y gestión integral y sostenible de los recursos hídricos subterráneos y que entonces surja desde las comunidades el empoderamiento y la autogestión, la definición de estrategias de acción local, la participación masiva y una sólida incidencia para este tema. La red de juntas de agua trinacional puede ser la plataforma social inicial para promover la gobernanza a nivel local.
- **Incidencia política local, regional y nacional**: facilitar los procesos para procurar el involucramiento y la participación de las autoridades políticas locales (Alcaldes), regionales (gobernadores o similares) y nacionales (Ministerios, instituciones gubernamentales, etc.) en diálogos binacionales, en la realización de análisis compartidos con base en la información disponible y en el intercambio de información.

Todos los actores deben contribuir a apoyar y acompañar con acciones de coordinación, monitoreo y evaluación las intervenciones prioritarias en los municipios de la zona del acuífero Ocotepaque-

Citalá, especialmente para definir a largo plazo una estrategia conjunta de manejo integral, sostenible y compartido de las aguas subterráneas. Un actor clave en la región para lograr estos niveles de incidencia es la Mancomunidad Trinacional río Lempa con quien ya se ha establecido una alianza estratégica. De igual manera el Plan Trifinio será un socio muy importante.

- **Fortalecer las capacidades en la aplicación de género en Trifinio:** particularmente se debe ampliar la cobertura de la aplicación de la estrategia y los indicadores desarrollados hasta ahora y aumentar la promoción política de la aplicación de dicho enfoque en los distintos proyectos y que al final esto se convierta en ordenanzas municipales, nuevas políticas locales o regionales. Se esperaría que se dé una mayor participación a las mujeres a distintos niveles y que se les involucré en la toma de decisiones respecto a la gestión de las aguas subterráneas en la región.
- **Fomentar la coordinación interinstitucional y multisectorial:** la facilitación de procesos para integrar, articular y promover la creación de plataformas multiactores en la región es clave para lograr la participación de todas las instituciones vinculadas con el tema de la gestión de las aguas subterráneas en los países involucrados.

Este tipo de coordinación será esencial para contribuir a la gobernanza del agua y sus recursos asociados, a los proceso de incidencia política, a la disminución de la contaminación ambiental y al escalamiento de las intervenciones, así como a la anticipación sobre la posible ocurrencia de conflictos sociales por el uso de las aguas subterráneas en la región.

Estos procesos deben de contar con el apoyo, el involucramiento y la participación de la Comisión Trinacional del Plan Trifinio como ente rector y para convocar a Ministerios de Agricultura, servicios nacionales de suministro de agua, Ministerios de Educación, Comisión del Rio Lempa, organismos encargados de ciencias forestales, entre otros.

El **componente 4 está ligado con la Comunicación, difusión y promoción de información** relevante sobre el acuífero por diferentes medios y a distintos niveles; y en especial para destacar la importancia estratégica del acuífero, tanto a nivel local como regional y nacional, procurando influir en los tomadores de decisión y en la generación de ordenanzas municipales, políticas nacionales o acuerdos binacionales para evitar su contaminación y promover su manejo integral y sostenible a largo plazo.

Por este medio también se podría alcanzar el más alto grado posible de sensibilización y acompañamiento de las comunidades rurales, las autoridades políticas, las instituciones y organizaciones locales, así como de la sociedad en general en la región del Trifinio sobre la importancia de los recursos hídricos subterráneos y su relevancia estratégica para mejorar la capacidad de adaptación de la población ante la variabilidad climática y el cambio climático global.

Este componente será uno de los principales medios para lograr la incidencia política necesaria para impulsar mecanismos de cooperación.



Anexo



ANEXO. Bibliografía

1. Alvarado, A. P. 2013. Inventario de información disponible e identificación de vacíos para la caracterización y diagnóstico del Acuífero Esquipulas - Ocotepeque - Citalá (Acuífero Trifinio). Esquipulas. 124 p.
2. Buch. M. Jiménez. A. 2009. El Trifinio: Los Recursos Hídricos en la parte alta de la Cuenca del Río Lempa. Comisión Trinacional del Plan Trifinio. Programa para la Promoción de la Administración del Agua como Bien Público Regional en la Cuenca Alta del Río Lempa en la Región del Trifinio. BID. 108 p.
3. CATIE. 2005. Plan Estratégico Trinacional del Programa de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Alta del Río Lempa, PTCARL, Documento No. 6. Serie de documentos base para Formulación del Plan Estratégico Trinacional del PTCARL.
4. Comisión Trinacional del Plan Trifinio. 2011. Plan de Gestión para el Desarrollo Sostenible de la Región del Trifinio 2010-2020, San Salvador 123 p.
5. Dirección Ejecutiva Nacional del Plan Trifinio – El Salvador- . 2011. El Salvador, Plan Estratégico de la Región del Trifinio 2010-2020. Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa, GIZ, Proyecto APTM del Fondo Mundial del Ambiente (FMAM), BID. 156 p.
6. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. 2012. Diagnóstico sobre Cartografía existente en la República. 120 p.
7. Duarte. J.R. 2009. Informe final consultoría en Hidrología/Hidrogeología, Programa CAMARENA/ GTZ Bosques y Agua. 130 p.
8. Fondo multilateral de inversiones miembro del grupo BID. 2011. Diseño e Implementación de Sistemas de Información Territorial. 50 p.
9. García J. 2015. Informe Final Cosultoría Apoyo a la Recopilación de Información Socioeconómica y de Género así como al mantenimiento del Sistema de Información Geográfica del Trifinio. Proyecto Estudio de Caso Acuífero Trifinio, UICN.56 p.
10. Geociencia Aplicada. 2015. Estudio de Geofísica Acuífero Trifinio. UICN 62 p.
11. Giunta, G., Beccaluva, L., Coltorti, M., Siena, F., and Vaccaro, A. 2002. The southern margin of the Caribbean Plate in Venezuela: Tectono-magmatic setting of the ophiolitic units and kinematic evolution. *Lithos*, 63(1–2): 19–40.
12. GIZ. 2010. Estado de la Región Trifinio, Datos Socioeconómicos y ambientales de los Municipios de la Región. 230 p.
13. GIZ. 2011. Estado de la Región Trifinio 2010. Anexo: Variables e indicadores por municipio. 40 p.
14. GOPA-Consultants. 2010. Análisis Hidrogeológico y Sistematización de la Información Geológica e Hidrogeológica de la zona Copán Chortí, Lempa-Ulúa, área de Honduras en la Región Trifinio. 134 p.
15. Guifarro. L. R. 2015. Informe Final Consultoría “Implementación y/o Actualización y Mantenimiento del Sistema de Información Geográfica del Plan Trifinio. UICN. 35 p.
16. HERRERA, I.I. 2007. Recarga Hídrica. Curso de la Maestría en Manejo Sostenible de Suelo y Agua, especialidad en Planificación y Manejo de Recursos Hídricos. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 223 p.

17. ICI, APESA, NORAGRIC, 2000. Informe de Medio Término. Programa de Desarrollo Sostenible de la Cuenca Alta del Río Lempa.
18. INSIVUMEH. 2007. Resultados de la Calidad de Aguas de las Cuencas del Río Ostúa y Olopa. Boletín No. 10. GT. 10 p.
19. Landívar., I. d. 2012. Estudio de Potencial económico y propuesta de mercadeo territorial del departamento de Chiquimula. Guatemala. 47 p.
20. MARTENS, U., *et al.*, 2007: High Pressure Belts of Central Guatemala: The Motagua suture and the Chuacús Complex. Field Trip Guide, 1 st. Field Workshop of IGCP 546 "Subduction Zones of the Caribbean". MEM - IUGS, UNESCO. Guatemala. 32 p.
21. Programa Estado de la Nación (2011): Informe Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible. <http://www.asies.org.gt/contenido/sinopsis-cuarto-informe-estado-region-2011>.
22. Organismo Internacional de Energía Atómica. 2006. Estudio de Evaluación de las Aguas Subterráneas en la Región del Trifinio (Primer borrador Informe Final), 147 p.
23. Ortega-Gutiérrez, F., Solari, L.A., Solé, J., Martens, U., Gómez-Tuena, A., Morán-Ical, S., Reyes-Salas, M., Ortega-Obregón, C., 2004. High Pressure eclogite facies Metamorphism in the Chuacús Complex, Sierra de Chuacús, Central Guatemala: Petrology, Geochronology, and Tectonic implications. *International Geology Review*, 46, 445-470.
24. Osegueda. G. 2015 Informe Final Consultoría "Género y Desarrollo Socioeconómico Local en el Acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá". UICN. 32 p.
25. República de Guatemala, 1985. Constitución Política de la República de Guatemala. Gobierno de Guatemala.
26. SACDEL. 2013. Plan Estratégico Participativo de Desarrollo del Municipio con Énfasis en el Desarrollo Económico de su Territorio. 75 p.
27. Samayoa. F. 2013. Inventario de Información Biofísica e Hidrogeológica disponible e identificación de vacíos de información para la Caracterización y diagnóstico en el área del Acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (Acuífero Trifinio), Informe Final, Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza UICN, 50 p.
28. Samayoa. F. 2014. Informe Final Consultoría "Asistencia Técnica Especializada en Aspectos Hidrogeológicos para la Caracterización y Diagnóstico del Acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá". UICN. 23 p.
29. Secretaría de Gobernación y Justicia. 2009. Desarrollo de Instrumentos y Sistema de Fortalecimiento, Propuesta de Codificación de Datos. Tegucigalpa. 87 p.
30. SEGEPLAN. 2010. Plan de desarrollo Esquipulas Chiquimula 2011-2025. Guatemala. 92 p.
31. SNET. 2004. Evaluación de la Calidad de Agua del Río Lempa. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 25 p.
32. Suriano, A. 2004. Evaluación Hidrológica del Valle de Esquipulas, Chiquimula (Tesis), Centro Universitario del Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala, Cobán, 125 p.
33. UICN. 2013. Dimensión Política Normativa e institucional de la Región Trifinio y sus Acuíferos. 15 p.
34. UNESCO/OEA-ISARM Américas. 2009. Primer Documento de Sistemas Acuíferos Transfronterizos. 120 p.

La ejecución del proyecto está a cargo del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (UNESCO-PHI) en el marco de las actividades del “Programa Global de Iniciativas de agua (GPWI) – Diplomacia del Agua” de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Información de contacto

Programa Hidrológico Internacional (PHI)
UNESCO, Division de Ciencias del Agua (SC/HYD)
7, place de Fontenoy
75352 Paris 07 SP France
Tel: (+33) 1 45 68 40 01
ihp@unesco.org – www.unesco.org/water/ihp