

EVALUACIÓN DE RECURSOS de AGUA de LA REPUBLICA de EL SALVADOR



**Cuerpo de Ingenieros
De los Estados Unidos de America**
Distrito de Mobile y
Centro de Ingeniería Topográfica

October 1998

Resumen Ejecutivo

El Salvador es rico en recursos hidrológicos, aunque mucha del agua superficial está contaminada y no es procesada para abastecimiento de agua. Las mayores fuentes de contaminación de agua superficial provienen de la disposición de residuos domésticos e industriales no tratados, con la mayoría de los efluentes evacuados en ríos o áreas costeras sin ningún tipo de tratamiento. Leyes sometidas recientemente requiere que las nuevas industrias traten los efluentes descargados en los cursos de aguas nacionales. El Río Acelhuate, el sistema de drenaje primario en San Salvador, está severamente contaminado con metales pesados y residuos domésticos e industriales. Esta agua es considerada un peligro biológico y la contaminación es tan severa que se encuentra en una situación intratable por osmosis reversa. El río Lempa, el río más grande y de mayor importancia en El Salvador se origina en Guatemala y fluye a través de Honduras hacia El Salvador. Datos hidrológicos se necesitan con urgencia acerca del río Lempa. Muchos lugares de sistemas de medición han sido dañados o destruidos, además son necesarios lugares adicionales de medición. Existen tres reservas para la generación de hidroenergía en este río en El Salvador, la que provee de casi el 60 por ciento de la energía eléctrica del país. La salud de las reservas es una preocupación nacional importante. Amenazada no solo con contaminación química y biológica, pero también por la gran cantidad de sedimento creada por la deforestación que se está acumulando en las reservas. Los volúmenes de sedimentación en la reserva de Cerron Grande son peligrosamente altas se estima que llegan a 7 millones de metros cúbicos por año – gravemente impactan la salud de las reservas sin mencionar los efectos severos de la contaminación del río Acelhuate el cual fluye directamente en el Cerron Grande.

Como resultado de la contaminación del agua superficial, el abastecimiento de agua se basa grandemente en el agua subterránea. Suficiente abastecimiento de agua subterránea dulce esta disponible en la mayor parte del país. Los abastecimientos más abundantes están ubicados en las formaciones volcánicas de San Salvador en la cuenca interior de los faldeos bajos de la mayoría de los volcánes. Abastecimientos importantes también están disponibles en los sedimentos no consolidados de las planicies costeras. Sin embargo, muchos acuíferos de poca profundidad están siendo contaminados debido a la contaminación de la superficie, mientras que las vertientes y pozos dependen de estos para proveer de agua potable.

Veinticinco agencias comparten la responsabilidad de vigilar los recursos acuáticos de El Salvador. Actualmente no hay mecanismos que organicen la coordinación de estos esfuerzos, lo que crea duplicación y uso ineficiente de recursos. Una política y administración Nacional de Utilización de recursos acuáticos es recomendable para solidificar la coordinación y por lo tanto la efectividad total de los programas de las diferentes agencias. Planes exhaustivos de lechos acuáticos o cuencas se necesitan para dirigir la administración de los recursos del agua como también la deforestación. Entrenamiento técnico básico, tal como el programa HEC-2 para calcular perfiles de agua de superficie, serían de gran beneficio. Además, programas nacionales a largo plazo para la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras para eliminar la continua descarga de desperdicios en las aguas nacionales, ayudarían a reducir la cantidad de desperdicios químicos y biológicos que contaminan los ríos, las reservas y aguas subterráneas. Un programa a gran escala de exploración de aguas subterráneas que comience en las áreas donde están los mejores acuíferos, incrementaría la cantidad de agua potable disponible para el abastecimiento de agua.

Prefacio

En 1995 la oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos comisionó al Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos del Distrito de Mobile, Alabama y al Centro Topográfico de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en Alexandria, Virginia para llevar a cabo una evaluación de los recursos del agua de El Salvador. Esta evaluación tiene dos objetivos: (1) proveer a los planificadores militares de los Estados Unidos con información exacta para la planificación de variados ejercicios de asistencia conjunta de entrenamiento militar y de asistencia humanitaria civil tales como las series de “New Horizons” (Nuevos Horizontes); y (2) proveer un análisis de los recursos acuáticos existentes en El Salvador e identificar algunas oportunidades disponibles para que el Gobierno de El Salvador maximice el uso de estos recursos.

Un grupo constituido por especialistas en recursos acuáticos del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos llevo a cabo las investigaciones de los recursos de agua en Abril de 1997 y subsecuentemente preparó este reporte.

James O. Buckalew
Ingeniero de recursos de agua
Distrito de Mobile
Teléfono: 251-690-3863
Fax: 251-690-2727
Email:
james.o.buckalew@sam.usace.army.mil

Maurice James, P.E.
Especialista en diseño hidráulico e
hidrológico
Distrito de Mobile
Teléfono: 251-690-3109
Fax: 251-690-3208
Email: maurice.james@sam.usace.army.mil

Robert B. Knowles, Hidrólogo
Centro de Ingeniería Topográfica
Teléfono: 703-428-6895
Fax: 703-428-8176
Email: laura.c.dwyer@usace.army.mil

Jim Laprevote, Hidrólogo
Centro de Ingeniería Topográfica
Teléfono: 703-428-6895
Fax: 703-428-8176
Email: laura.c.dwyer@usace.army.mil

Laura Waite, Geólogo
Gerente de Reporte
Distrito de Mobile
Teléfono: 251-690-3480
Email: laura.e.waite@sam.usace.army.mil

Contenido

Título	Página
Resumen Ejecutivo	i
Prefacio.....	ii
Lista de Oficiales Consultados.....	v
Lista de Agencias Contactadas	vii
Lista de Siglas y de Abreviaciones	viii
I. Introducción	1
II. Perfil del país.....	2
A. Geografía	2
B. Distribución de la población.....	2
C. Economía.....	3
D. Control de Inundaciones	3
E. Marco Legislativo	3
III. Usos Actuales del Agua.....	4
A. Abastecimiento de agua.....	4
1. Necesidades y Usos Domésticos	4
2. Usos y Necesidades Comerciales/Industriales.....	5
3. Usos y Necesidades Agrícolas	5
B. Hidroenergía	5
C. Transporte en Vías Navegables	6
IV. Recursos de Agua Existentes	6
A. Recursos de Agua Superficial	6
1. Precipitación y Clima.....	6
2. Cuencas Rivereñas.....	7
3. El Río Lempa y sus Represas	7
B. Recursos de Agua Subterránea	8
1. Definición y Características de los Acuíferos.....	8
2. Hidrogeología de El Salvador	9
C. Calidad del Agua.....	11
1. Calidad del Agua Superficial	11
2. Calidad del Agua Subterránea	13
V. Recomendaciones	13
A. Entrenamiento Técnico Básico.....	14
B. Administración de Lechos Acuáticos	14
C. Administración Nacional de los Recursos de Agua y Políticas Recomendadas.....	14
1. Consejo de Recursos de Agua.....	15
2. Evaluaciones Completas de los Recursos del Agua.....	15
3. Cámara Nacional	15
4. Reuniones Nacionales e Internacionales.....	16
5. Formulación de Grupos de Trabajo.....	16
6. Estrategia Sugerida.....	17
D. Oportunidades para Ejercicios de Tropa	17
1. Depósitos de Superficie Pequeños	17

Contenido, Continuación

Título	Página
2. Ejercicios de Pozos	17
VI. Resumen.....	18
Bibliografía	20
Glosario	24
Figuras	
Figura 1. Mapa del País	ix
Figura 2. Mapa Vecinal	2
Tablas	
Tabla 1. Distribución de población.....	3
Tabla 2. Plantas Hidroeléctricas.....	5
Tabla 3. Principales Cuencas de Drenaje	7
APENDICE A Resumen Departamental de los Recursos de Agua de El Salvador	A-1
A. Introducción	A-4
B. Condiciones del Agua por Unidad de Mapa	A-4
C. Condiciones del Agua por Departamento	A-5
Departamento de Ahuachapan.....	A-6
Departamento de Cabañas	A-7
Departamento de Cuscatlan.....	A-9
Departamento La Libertad.....	A-10
Departamento de La Paz	A-12
Departamento de La Union	A-13
Departamento de Morazan.....	A-14
Departamento de San Miguel.....	A-15
Departamento de San Salvador	A-16
Departamento de Santa Ana	A-18
Departamento de San Vicente	A-19
Departamento de Sonsonate	A-20
Departamento de Usulután	A-21
Tablas	
Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie.....	A-22
Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea.....	A-29

Muchas personas de los sectores público y privado fueron consultados y proporcionaron apoyo y cooperación excepcional:

Lista de Oficiales Consultados

Nombre	Agencia/Firma	Título	Dirección	Tel/Fax/Email
Ing. Rodolfo Montufar	EYCO Ingenieros S.A. de C.V.	Director General	Calle Arturo Ambrogi No. 124 Colonia Escalon San Salvador, El Salvador	tel. (503) 245-3148 fax. (503) 245-1313 email: ecoing@es.com.sv
Sr. Gunnar Platais	Proyecto verde/Abt Asociados	Cosejero de políticas	81 Ave. Nte. & 11 C. Pte. #4216, Col. Escalon San Salvador, El Salvador	tel. (503) 263-3746 fax. (503) 263-3621 email: gplatais@es.com.sv
Srta. Amanda Ulloa	Proyecto verde/Abt Asociados	Asistente de políticas para el medio ambiente	No disponible	(igual al anterior) email: Politica@es.com.sv
Ing. Leonardo Melos	División de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	No disponible	No disponible	No disponible
Ing. Guillermo Sol	Comision Ejecutiva Hidroelectrica del Rio Lempa (CEL)	Director General	No disponible	No disponible
Ing. Pedro Miquel Estrada	EYCO, S.A. de C.V.	Presidente de la firma	No disponible	tel. (503)222-6430 fax. (503) 222-6803
Ing. Eduardo Castillo	Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA)	No disponible	No disponible	No disponible
Arq. Emilia Viera	Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua (ASPAGUA) / Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA)	Director Ejecutivo	No disponible	No disponible
Ing. Mario Alberto Umana Reyes	Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIS) / AIDIS	Miembro	No disponible	No disponible
Lic. Rolando Sigifredo Noche Dimas	Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua (ASPAGUA)	Vice Presidente	No disponible	No disponible
Sra. Dora Eugenia Gasteazoro Coen	Salva Natura, Fundación Ecológica de El Salvador	Director de Comunicaciones	Pasaje Istmania 315 Entre 77 & 79 Avenida Norte Colonia Escalon San Salvador, El Salvador	tel. (503) 298-4001 fax. (503) 223-3620 email: salnatura@insatelsa.com
Ing. Ernesto Nosthas	Fondo de Inversión Social (FIS)	Ingeniero civil	55a Avenida Norte Edificio A Sala 42 San Salvador, El Salvador	No disponible
Ing. Carlos Alberto Aguilar Molina	Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA)	Ingeniero Agrónomo, Recursos Hídricos-Cuencas Hidrográficas	Urb. Buenos Aires, Pje. Mar de Plata No. 2 San Salvador, El Salvador	tel. (503) 260-3116 fax. (503) 260-3117 email: sema@gbm.net
Sr. Cesar R. Funes Abrego	Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA)	Biólogo, Recusos Costero-Marino Pesca y Acuicultura	(igual a la anterior)	No disponible

Lista de Oficiales Consultados, Continuación

Nombre	Agencia/Firma	Título	Dirección	Tel/Fax/Email
Sr. Carlos Araujo Campos	Ministerio de Salud Pública, La Libertad (SALUD)	Supervisor Departamental Saneamiento Ambiental la Libertad	No disponible	tel. (503) 228-0415, (503) 228-0529, (503) 228-0891 fax. (503) 228-0904
Ing. Fedor Paredes Sandoval	Ministerio de Salud Pública, La Libertad (SALUD)	Ingeniero Departamental Saneamiento Ambiental la Libertad	No disponible	No disponible
Ing. Raúl Rodríguez Rivera	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)	Gerente de Proyectos	2a. Avenida Sur No. 329 San Salvador, El Salvador	tel. (503) 271-4412
Ing. Carlos Augusta Perla	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)	Presidente	(igual al anterior)	No disponible
Dra. Ana Vilma Herrera	La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económico y Social (FUSADES), Laboratorio de Calidad Integral	Gerente Técnico	Urb. y Blvd. Santa Elena, Antiguo Cuscatlan El Salvador	tel. (503) 278-9064, (503) 278-9065, (503) 278-3366 fax. (503) 278-9102 email: labfus@es.com.sv
Ing. José Ernesto Gálvez	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa (CEL)	Gerente de Proyectos	Km 11.5 C. al Pto. de la Libertad Col. San Jose del Pino Santa Tecla	tel. (503) 228-1384 fax. (503) 228-1911
Ing. Jaime Eduardo Contreras Lemus	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa (CEL)	Especialista en Hidrología	Km 11.5 C. al Pto. de la Libertad Col. San Jose del Pino Santa Tecla	tel. (503) 228-1022 ext. 268 & 269 fax. (503) 228-1911 email: cegiep@gbm.net
Ing. Victor Mendoza	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa (CEL)	Gerente	No disponible	No disponible
Lic. Miguel Eduardo Araujo	La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económico y Social (FUSADES) / Consejo Empresarial Salvadoreño Para El Desarrollo Sostenible (CEDES)	Gerente de Estudios Económicos	(oficina cerca de la embajada)	email: codesnet@es.com.sv

Lista de Agencias Contactadas

Agencia	Sigla	Area de Responsabilidad
Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados a cargo del abastecimiento de agua, depósitos de alcantarillados y del desarrollo de recursos del agua.
Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos	ASIS	Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, una organización no-gubernamental, proporciona instrucción y ayuda técnica a comunidades acerca del agua potable y salud pública.
Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua	ASPAGUA	Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua, una organización no-gubernamental, proporciona instrucción y ayuda técnica a comunidades y diseña proyectos de agua potable y salud para comunidades.
Consejo Empresarial Salvadoreño Para El Desarrollo Sostenible	CEDES	Consejo Empresarial Salvadoreño para el Desarrollo Sostenible, una organización no gubernamental, promueve el desarrollo sostenido dirigido a la protección de los recursos naturales.
Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa	CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, una agencia que vigila la generación de energía y su distribución.
Fondo de Inversion Social	FIS	Fondo de Inversión Social, promueve los fondos, y provee de agua y otros servicios básicos para comunidades empobrecidas.
La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económico y Social	FUSADES	La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económica y Social con más de 300 empresarios que apoyan el desarrollo ambiental sostenible y que apoyan el desarrollo de políticas nacionales y privatización del abastecimiento del agua.
Instituto Geográfico Nacional	IGN	Instituto Geográfico Nacional, un instituto de cartografía nacional.
Ministerio de Agricultura y Ganado	MAG	Ministerio de Agricultura y Ganado, supervisa los recursos de agricultura ganadería, bosques y fauna.
Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente	SEMA	Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente, proporciona asistencia técnica acerca de los recursos del agua y asuntos ambientales.
EYCO	EYCO	Una firma de ingeniera privada que se especializa en la planificación y el desarrollo de recursos de agua.
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	MSPAS y SALUD	Proporciona ayuda técnica a comunidades sobre asuntos relacionados con agua potable y salud.

Lista de Siglas y de Abreviaciones

ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado
ASIA	Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos
ASPAGUA	Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua
CARE	Cooperativa para la Asistencia Americana a Todas Partes
CEDES	Consejo Empresarial Salvadoreño para el Desarrollo Sostenible
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa
COEN	Agencia Nacional de Administración de Emergencia
EYCO	Una firma de ingeniera privada que se especializa en la planificación y el desarrollo de recursos de agua
FIS	Fondo de Inversión Social
GDP	Producto Doméstico Bruto
HEC	Cuerpo de Ingenieros de EEUU. Centro de Ingeniería Hidrológica
FUSADES	La Fundación Salvadoreña Para El Desarrollo Económico y Social
IGN	Instituto Geográfico Nacional
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (también llamado SALUD)
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
NGO	Organización no gubernamental
SALUD	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (también llamado MSPAS)
SEMA	Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente
USSOUTHCOM	Comando Sur de los EEUU
USACE	Cuerpo de Ingenieros de la Armada de EEUU (también llamado Cuerpo)
USAID	Agencia de EEUU para el Desarrollo Internacional

Abreviaciones

°F	grados Fahrenheit	mi	millas
°C	grados Celsius	mi ²	millas cuadradas
CaCO ₃	carbonato del calcio	mm	milímetros
DDT	dichlorodiphenyl trichloroethane	m ² /d	metros cuadrados por día
ft	pies	m ³ /s	metros cúbicos/segundo
gal/d/ft	galones por día por pie	MW	megawatts
gal/min	galones por minuto	Mm ³	millones de metros cúbicos
GWh	gigawatt hora	NaCl	cloruro de sodio
km	kilómetros	pH	concentración ion-hidrógeno
km ²	kilómetros cuadrados	PVC	polivinyll cloridio
kW	kilowatts	T	transmisividad
L/min	litros por minuto	TSD	total de sólidos disuelto
m	metros		
mg/L	miligramos por litro		

I. Introducción

El agua es un regalo que alimenta y sustenta a todos los seres vivos. Por lo menos 400 millones de personas en el mundo viven en regiones con escasez severa de agua. Para el año 2050, se espera que 4 mil billones de personas se encuentren en esta situación de escasez. La proyección de escasez de agua potable utilizable podría resultar en uno de los desastres naturales más devastadores desde que la historia comenzó a ser con exactitud registrada. A menos que algo se haga para detener esta situación. Veintidos países dependen del flujo de agua proveniente de otras naciones para la mayoría de su abastecimiento, dependencia que puede ocasionar fricción, tensiones que se agraven o incluso acarrear peores situaciones. El río más importante de El Salvador es el río Lempa que se origina en Guatemala y fluye a través de Honduras a El Salvador. Más de una docena de naciones obtienen la mayoría de su agua de ríos que cruzan los límites de países vecinos, lo cual puede ser visto como hostil. Incluso cuando las naciones gozan de buenas relaciones, pueden existir serios desacuerdos acerca de asuntos relacionados con aguas compartidas.

El propósito de esta evaluación es documentar la situación general de los recursos de agua en El Salvador. Este trabajo abarca la descripción de los principales recursos de agua, identificación de oportunidades y necesidades especiales de los recursos de agua, documentar actividades de desarrollo de recursos y sugerir alcances viables de corto y largo plazo para desarrollo de recursos de agua. Esta evaluación es producto de un viaje de recopilación de información al país, además información obtenida en los Estados Unidos por parte de cuatro profesionales de recursos de agua. El alcance fue delimitado a una “opinión profesional” dado el tamaño del país y a los reportes técnicos disponibles referentes a varios aspectos de los recursos de agua de El Salvador.

Esta información puede ser utilizada para apoyar inversiones actuales o futuras para administrar los recursos de agua del país y para ayudar a planificadores militares durante ejercicios de ingeniería de tropas y planificación de maniobras de práctica. Los gráficos de color de agua superficial y subterránea complementadas por las tablas en el apéndice A serán útiles a los planificadores de agua como información general de los recursos de agua disponibles en escala del país. El gráfico de agua superficial divide el país en regiones de y está basado en la cantidad de agua disponible. El gráfico de agua subterránea divide al país en regiones de similares características de agua subterránea.

Además de asistir al planificador militar, esta evaluación puede ayudar a la nación anfitriona al resaltar sus áreas de necesidades críticas lo que a la vez sirve para apoyar el potencial desarrollo y preservación de los recursos del agua como también destacar la importancia de programas de financiamiento. Las deficiencias que resaltan incluyen la falta de plantas de tratamiento de aguas negras y de leyes de descarga de efluentes, las cuales son la principal causa de la severa contaminación del agua superficial. Los efectos de la deforestación han contribuido enormemente a disminuir la calidad de los embalses del país, los cuales generan la mayoría de la energía eléctrica del país. Los planes en la administración de las cuencas deberían ser puestos en práctica para controlar la deforestación y para administrar los recursos de agua. El agua subterránea abastece a la mayoría del agua potable del país ya que el agua superficial está contaminada, en muchos casos, más allá de un posible tratamiento. Se recomiendan planes nacionales a gran escala para perforación de pozos, particularmente comenzando en las áreas marcadas en el mapa unidad 1 que están mostradas gráficamente en el apéndice A, figura A-2.

Veinticinco agencias comparten la responsabilidad de vigilar los recursos de agua en El Salvador. Como una parte de la preparación de esta evaluación, el Grupo de Ingenieros de la Armada de Los Estados Unidos se reunió con varias de estas agencias, las cuales están listadas en la página vii. La mayoría de estas agencias llevan a cabo sus operaciones con poca o casi ninguna coordinación con otras agencias, lo que crea duplicación y uso ineficiente de los recursos.

II. Perfil del país

A. Geografía

El Salvador, con sus 21,041 kilómetros cuadrados de territorio, es un poco más pequeño que el estado de Massachusetts en los Estados Unidos y es la nación Centro Americana más pequeña. El Salvador comparte al oeste 203 kilómetros de límites con Guatemala y al norte y este 342 kilómetros de límites con Honduras y hacia el sur tiene 320 kilómetros de línea costera en el Pacífico. Ver figuras 1 y 2 para información geográfica general.

El Salvador puede ser dividido en tres principales regiones físicas: un cinturón costero tropical, un área de tierra alta de valles y altiplanicie y un norte montañoso. La región costera es una área de tierras fértiles con un ancho promedio de 16 kilómetros (10 millas) que se expande hasta llegar a un máximo de 32 kilómetros (20 millas) cerca al Golfo de Fonseca. La región del valle central tiene como promedio de elevación unos 600 metros (2,000 pies) e incluye el valle elevado entre dos cadenas montañosas. La mayoría de la población se concentra en esta región, donde están ubicadas las principales ciudades de San Salvador (la capital), Santa Ana, San Miguel, Sonsonante y San Vicente. La región norteña consiste del valle del río Lempa y una cadena montañosa norte. Esta región, que alguna vez estuvo cubierta de bosques, ahora es árida y semi estéril causada por la deforestación y practicas de agricultura dañina. Como resultado, esta área es la menos poblada, con poca agricultura u otro desarrollo. Más de 20 volcanes activos están en el norte y casi toda la tierra del país es volcánica. El río Lempa, es principal río de El Salvador no es navegable por grandes embarcaciones. El Salvador también zotado por terremotos, tales como aquellos que lo devastaron en 1965 y 1986.



Figura 2. Mapa Vecinal

La lluvia se concentra desde Mayo a Octubre y su distribución varía desde alrededor de 150 centímetros (59 pulgadas) en las planicies costeras, hasta casi un total de 230 centímetros (90 pulgadas) en las cadenas montañosas. Las temperaturas promedian 23 grados Celcius (73 Fahrenheit) en la capital, pero son más altas a lo largo de la costa.

B. Distribución de la población

Con una población estimada de 5,908,560 en 1997, El Salvador es el país mas populoso de Centro América con un crecimiento anual de 1.8 por ciento (estimados de 1996). La mayoría

de la población se concentra en la región central, especialmente en grandes ciudades tales como San Salvador y Santa Ana. Esta región es también lugar de base para la mayoría de las industrias en El Salvador y también posee las tierras más fértiles. (Ver tabla 1. Distribución de la Población.)

Tabla 1. Distribución de población

Departamento	Población (estimados med-1997)	Capital	Area (km ²)
San Miguel	455,270	San Miguel	2,077
Morazan	170,861	San Francisco	1,447
La Union	280,298	La Unión	2,074
Usulután	333,077	Usulután	2,130
San Vicente	155,265	San Vicente	1,184
Cabanas	150,173	Sensuntepeque	1,104
Cuscatlán	196,413	Cojutepeque	756
Chalatenango	192,601	Chalatenango	2,017
La Paz	278,465	Zacatecoluca	1,224
La Libertad	622,509	Nueva San Salvador	1,653
San Salvador	1,831,532	San Salvador	886
Sonsonate	419,019	Sonsonate	1,226
Santa Ana	522,139	Santa Ana	2,023
Ahuachapán	300,938	Ahuachapán	1,240
TOTAL	5,908,560		21,041

1997, Dirección General de Estadística y Censos

C. Economía

El sector agrícola de la economía emplea a casi el 40 por ciento de la fuerza laboral y es responsable por casi el 25 por ciento del producto doméstico bruto y por aproximadamente el 66 por ciento del total de las exportaciones. Los otros sectores primarios de la economía y la fuerza laboral que emplean son: comercio (16 por ciento), manufactura (15 por ciento), gobierno (13 por ciento), servicios financieros (9 por ciento), transporte (6 por ciento) y otros (1 por ciento). Los principales productos agrícolas de exportación son café, azúcar y camarones de criadero. El café es el principal cultivo comercial responsable por el 45 por ciento del total de las ganancias de exportación. Otros productos agrícolas incluyen piñas, melones, vegetales, flores, ganado, algodón y productos lácteos. El sector manufacturero se basa en gran parte en el procesado de bebidas y comidas junto con el petróleo, tabaco, químicos, textiles y muebles son responsables por el 18 por ciento del Producto Doméstico Bruto.

D. Control de Inundaciones

La Agencia Nacional de Administración de Emergencia (COEN) es responsable de responder ante desastres naturales, pero no llevan a cabo estudios de riesgo de inundaciones. La mayoría de las inundaciones se asocian a la descarga de los embalses de plantas hidroeléctricas de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa (CEL). Estudios detallados acerca de inundaciones y proyectos de control de inundaciones no existen.

E. Marco Legislativo

Las nuevas leyes en el congreso de El Salvador, si se ponen en marcha, harían de la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA) el órgano responsable por las políticas

nacionales para la regulación ambiental y le darian la autoridad necesaria para llevar a cabo su debido cumplimiento. Las actuales regulaciones del uso de tierra recaen en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), pero estas regulaciones carecen de la herramientas necesarias para ser aplicadas. Aunque hay una carencia general en la aplicación de las leyes, existen leyes que regulan la descarga de residuos domésticos e industriales pero sólo para las nuevas industrias.

III. Usos Actuales del Agua

A. Abastecimiento de agua

El agua subterránea es la principal fuente de agua potable para uso doméstico, ya que el agua superficial está altamente contaminada por residuos industriales y domésticos. Agua potable subterránea está disponible en la mayoría de los departamentos; sin embargo, hay áreas en la región montañosa central-norte en donde el agua subterránea es menos abundante. Los oficiales entrevistados atribuyen esta reducción de agua subterránea disponible a la deforestación y prácticas agrícolas dañinas. La deforestación reduce la vegetación natural de las laderas de los cerros lo que incrementa el desplazamiento de tierra debido a la lluvia, lo que no permite que exista un tiempo necesario para que la lluvia sea absorbida por la tierra y que recargue los acuíferos. A lo largo de las regiones costeras de las desembocaduras de los ríos, la intrusión de agua salada en los acuíferos es un problema. La mayor necesidad de abastecimiento de agua potable saludable es en el departamento de Morazan, cerca del límite con Honduras y en las regiones montañosas norteñas de El Salvador. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) tiene un programa para instalar bombas manuales para profundidades de 12 metros (40 pies) en comunidades rurales con una meta de una bomba por cada cinco familias.

1. Necesidades y Usos Domésticos

ANDA es la agencia primariamente responsable por desarrollar y mantener sistemas de agua potable para las áreas urbanas y rurales. Actualmente ANDA vigila los sistemas de agua de alrededor de 177 pueblos y villas. El desarrollo de proyectos de abastecimiento de agua para áreas rurales involucra a varias agencias además de ANDA. Una de estas agencias es el Fondo de Inversión Social de El Salvador (FIS) quien provee de materiales y experiencia para la construcción de sistemas de agua subterránea y de superficie. Mientras que los sistemas de agua subterránea son más comunes, los sistemas de agua superficial están generalmente contruidos en áreas donde el agua subterránea es difícil de localizar y donde existe acceso a pequeños arroyos que no están contaminados. MSPAS es responsable de operar y mantener los sistemas de agua rurales, pero carecen de los recursos necesarios para realizar reparaciones, entrenar a los operadores y renovar los sistemas. Además de los sistemas de agua contruidos por el gobierno, muchas comunidades rurales construyen sus propios sistemas. En la mayoría de los casos, poco se sabe acerca de estos sistemas; sin embargo, los oficiales entrevistados manifestaron que pocos de estos sistemas funcionan por más de 5 años, principalmente debido al poco mantenimiento que se les da y a fallas del equipo.

La ciudad de San Salvador retira alrededor de 1.5 metros cúbicos por segundo del río Lempa, el resto de sus aguas provienen de pozos ubicados dentro de un radio de 15 kilómetros de la ciudad. Los departamentos de Sonsonate (al oeste de San Salvador), Usulután y San Miguel (al este de San Salvador) son ricos en recursos de agua superficial y subterránea. El área cerca de la ciudad de Quezaltepeque (al noroeste de San Salvador) consiste de formaciones volcánicas que tienen abundante abastecimiento de agua subterránea a varias profundidades.

Concentraciones excesivas de minerales en el agua subterránea, especialmente de hierro, son comunes en la región.

2. Usos y Necesidades Comerciales/Industriales

Mínima información existe acerca del uso de agua por el sector industrial. El proceso de la caña de azúcar constituye uno de los mayores procesos industriales que ocupan agua. De acuerdo a SEMA, una planta de procesamiento de caña de azúcar de 35 años que ocupaba 38 metros cúbicos (10,000 galones) de agua por minuto de un río adyacente, recientemente instaló un sistema de recirculación para reducir los retiros de agua del río. Mejoras como esta para reducir los requerimientos de agua son necesitadas por muchas industrias, especialmente las que son más antiguas e ineficientes, pero el financiamiento es difícil de conseguir.

3. Usos y Necesidades Agrícolas

Oficiales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) estiman que el número de hectáreas con irrigación alcanza a 20,000. La mayoría de los proyectos de irrigación establecidos están en manos de sectores privados y requieren que los usuarios reembolsen a los propietarios de los sistemas la cantidad de agua utilizada. De acuerdo a los oficiales de la Asociación Salvadoreña de Profesionales del Agua (ASPAGUA) entrevistados, estos sistemas tienen altas pérdidas que pueden ser atribuidas a la falta de mantenimiento apropiado y apoyo técnico.

B. Hidroenergía

CEL es responsable por el sistema de energía eléctrica Salvadoreña. La misión primordial de CEL es el desarrollo del río Lempa para hidroenergía. Actualmente existen en el río Lempa tres embalses hechos por el hombre para la generación de energía eléctrica. Ellos son el Embalse Cerron Grande, el Embalse Presa Cinco (5) de Noviembre y el embalse Quince (15) de Septiembre (ver la figura A-1 en el apéndice A). Estas tres plantas hidroeléctricas proveen casi 400 megawatt o alrededor del 60 por ciento de la capacidad total de El Salvador. El resto de las necesidades de electricidad de El Salvador son cubiertas usando una combinación de pequeñas plantas hidroeléctricas, plantas geotermicas y combustible fósil. De acuerdo a los oficiales de CEL entrevistados, están siendo finalizados planes para expandir la capacidad del Embalse Presa Cinco (5) de Noviembre y el Embalse Cerron Grande en 120 megawatts y 67 megawatts respectivamente. El proyecto de Cerron Grande, construido en 1976, es el único proyecto hidroeléctrico regulado en el río Lempa. Fue diseñado para que el agua fuera recopilada durante la estación lluviosa y evacuada durante los períodos secos para complementar a las dos otras plantas corriente abajo. La actual capacidad hidroeléctrica de El Salvador está demostrada en la tabla 2.

Tabla 2. Plantas Hidroeléctricas

Proyecto	Capacidad Actual (kW)
Cerron Grande	135.0
Presa Cinco de Noviembre	81.4
Quince de Septiembre	180.0
Otras Hidroeléctrica	
Geotermal	208.5
Combustible fósil	56.6
Capacidad Total	661.5

La calidad general de los Embalses de CEL es una preocupación para sus oficiales. El Embalse Cerron Grande recibe grandes cantidades de residuos domésticos e industriales desde San Salvador via río Acelhuate. El río Lempa también contribuye con cantidades significativas de residuos domésticos e industriales junto con sedimentos de áreas deforestadas. Evaluaciones de volúmenes de sedimentación alcanzan niveles tan altos como 7 millones de metros cúbicos por año dentro del Embalse Cerron Grande. Estas fuentes combinadas amenazan la calidad general y sostenimiento de los embalses.

Los oficiales de CEL están interesados en la tecnología de medición batimétrica, tecnología de equipo de instrumentación y métodos para controlar plantas acuáticas. La necesidad de sitios adicionales de sistemas de medición hidrométrica en la cuenca del río también fue mencionada en diferentes conversaciones. Las dos razones para la falta de sitios de información hidrológica son; (1) muchos de los sistemas de medición fueron dañados o destruidos durante la guerra civil; y (2) se necesitan fondos para reparar, reemplazar o establecer nuevos sitios de medición. El establecimiento de nuevos sistemas de medición es aún más complicado, ya que la cuenca del río Lempa está ubicada en tres países, originándose en Guatemala y fluyendo a través de Honduras antes de entrar en El Salvador. Actualmente no hay acuerdos multinacionales para compartir la información o la instalación de estaciones hidrométricas. Existe una necesidad crítica de información escrita para que sirva de base en el proceso de toma de decisiones y también como una herramienta analítica.

C. Transporte en Vías Navegables

La navegación comercial por los ríos de El Salvador es casi inexistente. El río más grande del país, el río Lempa, conecta una red de más de 150 riachuelos más pequeños que sirven al transporte y al comercio local. El río es navegable sólo por canales desconectados cortos por naves superficiales de giro pequeño.

IV. Recursos de Agua Existentes

El Salvador se basa profundamente en las fuentes de agua subterránea para su abastecimiento de agua, debido a que el agua superficial generalmente está severamente contaminada y por lo tanto no está procesada debidamente para el abastecimiento de agua. En áreas urbanas, aproximadamente el 86 por ciento de la población tiene acceso a servicios de abastecimiento de agua y el 84 por ciento a servicios de sanitización. En áreas rurales, aproximadamente 15 por ciento tiene acceso a servicios de abastecimiento y el 51 por ciento a servicios de sanitización. El abastecimiento de agua para las necesidades básicas del ser humano es un problema severo. Enfermedades producidas por contaminación en el agua tales como la disenteria (a menudo causada por agua contaminada) son la mayor causa de mortalidad infantil en el país.

Suficiente abastecimiento de agua subterránea potable dulce proveniente de pozos y vertientes está disponibles a lo largo de todo El Salvador. Pozos poco profundos son más susceptibles de estar contaminados.

A. Recursos de Agua Superficial

Aunque los recursos de agua superficial son abundantes, ellos no están distribuidos en forma uniforme, dependen de la estación del año y generalmente están contaminados. Durante la estación seca que va desde Diciembre a Abril, muchos arroyos cesan de fluir.

1. Precipitación y Clima

El clima tropical dominante resulta en un promedio de precipitación anual de 183 centímetros (72 pulgadas). La precipitación incrementa junto con la elevación, variando desde alrededor de 150 centímetros (59 pulgadas) en las planicies costeras, hasta tanto como 230 centímetros (90 pulgadas) en las cadenas montañosas. Acerca del 95 por ciento de la lluvia ocurre entre los

meses de Mayo a Octubre, con sequías severas y frecuentes que ocurren durante los meses más secos. El Salvador tiene una estación seca, una estación lluviosa, una estación transitoria de lluviosa a seca y una estación transitoria de seca a lluviosa. Los caudales de los ríos son altos durante la estación lluviosa de Junio a Octubre y bajos durante la estación seca de Diciembre a Abril. Las estaciones de transición de lluviosa a seca y de seca a lluviosa ocurren en Mayo y Noviembre. La vegetación densa del país y el clima tropical caliente crean una alta tasa de evapotranspiración durante todo el año.

2. Cuencas Rivereñas

El país tiene cuatro cuencas rivereñas grandes y siete cuencas rivereñas pequeñas que drenan la Cordillera Costera del Pacífico. Las cuatro cuencas rivereñas son la cuenca del río Lempa, la cuenca del río Goascoran, la cuenca del río Grande de San Miguel y la cuenca del río Paz. La tabla 3 suministra información acerca de las 4 cuencas rivereñas grandes. Las siete cuencas mas pequeñas son (1) el área costera entre el río Cara Sucia y el río Copinula; (2) el área costera entre el río Sensunapan y el río Banderas; (3) el área costera entre el río Pululuya y el río Comalapa; (4) la cuenca del río Jiboa; (5) el área costera entre el río Jalponga y el río El Guayabo; (6) el área costera entre el río el Potrero y el río El Molino; y (7) el área costera entre el río Grande de San Miguel y el río Sirama. Todos los ríos en El Salvador descargan eventualmente en el Océano Pacífico. Durante un año normal, el total de agua superficial que fluye desde El Salvador hasta el Océano Pacífico promedía 19 millones de metros cúbicos. Ver figura A-1.

Tabla 3. Principales Cuencas de Drenaje

Número (Ver Fig. A-1 en Apéndice A)	Nombre del río	Cuerpo receptor	Área de drenaje (km ²) ¹	Total Anual de Precipitación (m ³ /s)	Descarga anual (m ³ /s)
1	Río Lempa	Océano Pacífico	10,255	33,320	7,071
2	Río Goascoran	Océano Pacífico	1,315	5,660	1,040
3	Río Grande de San Miguel	Océano Pacífico	2,250	3,741	740
4	Río Paz	Océano Pacífico	929	3,050	535
TOTAL			14,749	45,771	9,386

¹Área dentro de El Salvador

3. El Río Lempa y sus Represas

El río Lempa es el río más grande e importante de El Salvador, con su cuenca cubriendo un área de 18,246 kilómetros. De esta área, 10,255 kilómetros cuadrados están en El Salvador (aproximadamente el 49 por ciento del territorio de El Salvador), 5,696 kilómetros cuadrados están en Honduras y 2,295 kilómetros cuadrados están en Guatemala. El río Lempa es el sistema de río más grande en Centro América y con la utilización de sus aguas primordialmente para el uso en hidroenergía. (Ver el capítulo de hidroenergía en la sección III).

Como ha sido mencionado previamente, existen tres represas hechas por el hombre que son de importancia en el río Lempa, las cuales almacenan enormes cantidades de agua para la generación de energía hidroléctrica. Ellas son el Embalse Cerron Grande (135 kilómetros cuadrados de superficie de área), el Embalse Presa Cinco de Noviembre (20 kilómetros cuadrados de área de superficie) y el Embalse Presa Quince de Septiembre (también llamado embalse de San Lorenzo) (35 kilómetros cuadrados de área de superficie). Además, el Embalse del Guajoyo es un embalse pequeño en el río Desague al noroeste de El Salvador que es

utilizado para hidroenergía. Las descargas de las represas controlan el caudal del río Lempa. El caudal promedio de el río Lempa es alrededor de 152 metros cúbicos por segundo en el Embalse Cerron Grande, acerca de 197 metros cúbicos por segundo en el Embalse Presa Cinco de Noviembre, aproximadamente 329 metros cúbicos por segundo en el puente Cusclatan en la carretera Panamericana. El río Lempa recibe residuos domésticos e industriales de los centros de población a lo largo de su margen oeste y una alta concentración de sedimentos provenientes de zonas deforestadas a lo largo de su margen este. Estos elementos combinados han contaminado el río Lempa en todo El Salvador.

B. Recursos de Agua Subterránea

Suficiente abastecimiento de agua subterránea dulce está disponible a través de la mayor parte de El Salvador con vertientes y pozos profundos los cuales proveen las fuentes más seguras e importantes de agua subterránea para el abastecimiento de agua para uso doméstico, municipal, agrícola e industrial.

Aunque el agua subterránea es generalmente más segura que los abastecimientos de agua superficial que no ha sido tratada, muchos acuíferos de poca profundidad están siendo biológicamente contaminados, principalmente debido a la mala disposición de los desperdicios. Para entender el funcionamiento hidrológico del agua subterránea y donde se pueden encontrar estas fuentes de agua, una pequeña definición y características de un acuífero se presentan a continuación con los atributos específicos del país.

1. Definición y Características de los Acuíferos

Los abastecimientos de agua subterránea provienen de los acuíferos, los cuales son nacimientos saturados, formaciones, o grupo de formaciones que producen agua en cantidades suficientes como para que estas sean económicamente útiles. Para ser un acuífero, una formación geológica debe contener poros u orificios abiertos (intersticios) que estén llenos con agua y estos intersticios deben ser lo suficientemente grandes para que transmita el agua hacia los pozos a un ritmo útil. Un acuífero puede ser imaginado como una gran reserva natural o sistema de reservas en roca cuya capacidad es el volumen total de los intersticios que están llenos con agua. El agua subterránea puede ser encontrada en un cuerpo continuo o en varias rocas distintas o capas de sedimentos dentro del diametro del hueco en cualquier ubicación. Existe en muchos tipos de ambientes geológicos, tales como poros intergranos en grava y arena no consolidada, fracturas refrigerativas en basaltos, cavidades de solución en priedas pomas, juntas sistemáticas y fracturas en roca metamórfica e ígnea, por nombrar algunas. Desafortunadamente, la masa de las rocas es raramente homogénea y los tipos de roca adjacente pueden variar significativamente en su habilidad para almacenar agua. En ciertas masas de roca, tales como algunos tipos de sedimentos consolidados y roca volcánica, el agua no puede fluir a través de la masa; el único flujo de agua suficiente para producir cantidades de agua utilizables, puede que fluya a través de fracturas o uniones en la roca. Por lo tanto, si un hueco es perforado en una ubicación en particular y la base de la formación de la roca sólida es muy compacta (consolidada con poca o ninguna permeabilidad primaria) para transmitir agua a través de los espacios de los poros y el lecho de la roca no está fracturado, entonces poca o nada de agua será producida. Por otra parte, si un hueco es perforado en una ubicación donde el lecho de la roca es compacto y la roca está altamente fracturada con agua fluyendo a través de las fracturas, entonces el hueco podría producir agua suficiente como para ser económicamente útil.

Ya que es difícil o imposible de predecir las ubicaciones precisas que tengan fracturas en el lecho de la roca, análisis fotográficos puede ser empleados para asistir en la selección más

adecuada para la ubicación de pozos. Otros métodos están disponibles, pero generalmente son más caros. Geólogos usan la fotografía aérea en combinación con otras fuentes de información para levantar mapas litológicos, fallas, delimitación de fracturas y otras características que ayudan en la selección de la ubicación de pozos. En roca dura, aquellos pozos ubicados en fracturas y especialmente en las intersecciones de las fracturas, generalmente tienen la más alta producción. La ubicación correcta de un pozo en una fractura no sólo representará una alta producción en contraste con una baja producción de agua, si no que presentará la diferencia potencial entre producir agua y no producirla en absoluto. La verificación en terreno de probables fracturas incrementará aun más la oportunidad de ubicar pozos en los lugares correctos que por ende sean buenos productores de agua.

La transmisividad (T) es una propiedad que describe a los acuíferos. T es una característica hidráulica de un acuífero que indica que el índice del agua se moverá a través de una unidad de amplitud de un acuífero bajo una unidad de declive en metros cuadrados por día (o galones por día por pie). Acuíferos con valores T menores a 12 metros cuadrados por día pueden abastecer de agua a pozos domésticos; para valores T mayores que 120 metros cuadrados por día, son adecuados para pozos municipales, industriales y de irrigación.

Los índices de recarga también afectan la productividad de los acuíferos. La mayoría de la recarga de agua subterránea ocurre en áreas donde el suelo de la superficie es grueso o donde suelo volcánico no alterado está expuesto en la superficie, tales como en las partes altas de los volcanes. Algo de la recarga, principalmente al comienzo de la estación lluviosa, también se da en sedimentos no consolidados en el valle interior y a lo largo de los arroyos. La alta recarga en las rocas volcánicas justifica la alta cantidad a menudo producida. Caudales expuestos de flujos de lava no alterada pueden absorber hasta un 30 por ciento de precipitación, mientras que los basaltos de escoria permeable pueden absorber hasta un 50 por ciento. Los sedimentos no consolidados también tienen altos índices de recarga, absorbiendo desde un 5 a un 20 por ciento de la precipitación disponible.

En general la superficie de la tabla de agua es análoga a, pero considerablemente más aplanada que la topografía de la superficie del terreno. Las elevaciones del agua subterránea son típicamente solo un poco más altas que la elevación de la superficie del cuerpo acuático más cercano dentro de la misma cuenca de drenaje. Por lo tanto, la profundidad al agua es mayor cerca de las divisiones de drenaje y en áreas de alto relieve. En El Salvador, durante la estación seca de Noviembre a Abril, el nivel de la tabla de agua baja significativamente y está marcada por el hecho que se secan muchos cuerpos pequeños de agua superficial que son alimentados por agua subterránea. La baja puede ser estimada basada en la elevación del terreno, en la distancia desde el arroyo o lago perenne más cercano y en la permeabilidad del acuífero. Las áreas que tienen las más grandes bajas en la tabla de agua durante la estación seca son aquellas que están altas en elevación, lejos de arroyos perennes y formadas de material fracturado. En general, algunas de estas condiciones pueden ser aplicadas para calcular el grado de baja esperado cuando los pozos son bombeados. En las planicies costeras y en los valles interiores donde el relieve es bajo, declives localizados en la tabla de agua pueden ser importantes durante la estación seca debido al aumento de bombeo para la irrigación de los cultivos.

2. Hidrogeología de El Salvador

La mayoría de los acuíferos en El Salvador están formados de los flujos de lava y piroclásticos de la era Terciaria Media a la Era Reciente, los cuales dominan el país. Los acuíferos importantes son la Formación de San Salvador y la Formación de Cuscatlan, volcánicas de mayor antigüedad que las Formaciones de San Salvador y que la Formación de Cuscatlan, y

acuíferos aluviales no consolidados. En general, los mejores acuíferos volcánicos están en las capas volcánicas más jóvenes, tales como las capas más altas de la Formación de San Salvador, con los acuíferos de mayor producción y más accesibles estando localizados en los acuíferos aluviales no consolidados.

En pozos de agua profundos y manantiales se confía el abastecimiento de agua para El Salvador. Aunque la calidad de agua subterránea es generalmente buena, agua de pobre calidad es posible que se encuentre en las áreas costeras, cerca de áreas geotermales, en acuíferos de poca profundidad y cerca de áreas pobladas.

Para El Salvador, las cubiertas de acero son recomendadas en todo el país. Las cubiertas de acero son usadas exclusivamente para todos los pozos de agua construidos por ANDA debido a actividad sísmica y métodos populares de limpieza de pozos. Los pozos completados con otro tipo de material de recubrimiento pueden sufrir daño excesivo o deformación durante eventos sísmicos.

a. Formación de San Salvador

La Formación de San Salvador, de la última parte de la Era Pleistocena a la Era Reciente, es la más joven de las formaciones volcánicas en el país y está concentrada en las cuencas interiores y valles en las secciones del extremo oeste y este del país. Los acuíferos en esta formación están compuestos de flujos de lava fracturada, depósitos sedimentarios y acumulaciones de piroclásticos no compactados. El agua subterránea se encuentra en capas de aluvión y piroclásticos entre caudales de lava, a lo largo de estratas planas y en las zonas de fracturas dentro de los caudales de lava individuales. Las superiores de la formación son los mejores acuíferos y comúnmente consisten de caudales de lava fracturados o brechiformes y piroclásticos gruesos a granulados. Los acuíferos más productivos están compuestos de basaltos de escoria encontrados en depósitos localizados en los faldeos de numerosos volcánes en el país. La escoria de basalto es extremadamente permeable. La alta recarga en rocas volcánicas es la responsable de la alta producción. Caudales de lava inalterados expuestos sobre la superficie pueden absorber 30 por ciento de la precipitación, mientras que la escoria de basaltos más permeable puede absorber hasta un 50 por ciento. T es típicamente 100 metros cuadrados por día (8000 galones por día por pie). Las capas inferiores de la Formación de San Salvador, aunque no sean tan permeables como las capas superiores, tienen acuíferos que producen moderadas cantidades de agua. Algunas áreas de la Formación de San Salvador que no son tan productivas, existen en las pendientes superiores más empinadas de los volcánes, por que estas áreas están generalmente arriba del nivel regional de la tabla de agua subterránea y por lo tanto no son ubicaciones adecuadas para pozos.

b. Formación de Cuscatlan

La Formación de Cuscatlan de la primera parte de la Era Pleistocena, es más antigua que la Formación de San Salvador y cubre grandes áreas de las cuencas interiores y valles en la parte central del país. En muchas áreas subyace la Formación de San Salvador. La transmisividad es generalmente menor que 100 metros cuadrados por día, menos que la Formación de San Salvador, pero buena para pozos domésticos de alta producción. La Formación Cuscatlan crea acuíferos importantes, pero no tan productivos como aquellos de la Formación de San Salvador.

c. Volcánicas Antiguas

Las rocas volcánicas más antiguas que las Formaciones de San Salvador y Cuscatlan, de la Era Pliocena y anterior, están también presentes en El Salvador, pero estas rocas tienden a ser desgastadas, compactas y relativamente impermeables. En la mayoría de las áreas, ellas forman un sotano impermeable en el que los acuíferos de formaciones más jóvenes

descansan. En aquellas partes donde las volcánicas más antiguas están expuestas a la superficie, puede que sean marginalmente productivas a lo largo de fracturas abiertas y mayoritariamente verticales, en los depósitos intercaudal aluviales entre caudales de lava individual o en lechos piroclásticos. Una capa de arcilla relativamente impermeable cubre volcánicas más antiguas que en muchas áreas de las Formaciones de San Salvador. Esta capa sobrepuesta de arcilla tiende a inhibir la recarga de agua subterránea, lo que es una de las razones de que algunas de las volcánicas antiguas no son tan productivas como las volcánicas más jóvenes. Estas rocas volcánicas más antiguas también tienden a ser menos fracturadas que las jóvenes, lo que reduce la productividad. Ellas también tienen menor transmisividad total, generalmente menor a 10 metros por día, buena para pozos domésticos solamente. Sin embargo, si no se encuentran fracturas durante la perforación, los pozos pueden que estén secos.

d. Acuíferos Aluviales

Los acuíferos más accesibles que producen de moderada a grandes cantidades de agua subterránea son acuíferos no consolidados de la planicie costera y acuíferos aluviales en las partes bajas de los valles de arroyos perennes. Los acuíferos de la planicie costera engruesan hacia el océano donde son de 1,500 metros de grosor. Los acuíferos aluviales fuera de la planicie costera a lo largo de grandes arroyos perennes son usualmente menores que 30 metros de grosor. Aluviones no consolidados tienen buenos índices de recarga, absorbiendo del 5 al 20 por ciento de la precipitación disponible y con valores T que varían entre los 200 y 500 metros cuadrados por día, que pueden suministrar a pozos municipales y de irrigación. Sin embargo, hay que tener precaución ya que el agua de poca profundidad en este tipo de acuíferos es también altamente susceptible a la contaminación que prevalece a través de todo El Salvador.

C. Calidad del Agua

La contaminación del agua causada por los desperdicios humanos, residuos agro-industriales, y otras basuras sólidas, es un problema crítico a través de El Salvador. Esta contaminación aumenta los índices de mortalidad infantil y otros indicadores de la salud pública que también se ven desmejorados. También tiene un impacto negativo sobre los ríos, lagos y agua subterránea. Mucha del agua superficial está contaminada y no está precesada para el abastecimiento de agua, así que el agua subterránea de pozos profundos y manantiales es por lo tanto en la que recae el uso del agua doméstica, industrial, agrícola y agua para abastecimiento municipal. Aunque la calidad del agua subterránea es generalmente buena, la contaminación biológica y química es común en acuíferos aluviales de poca profundidad que se encuentran cerca de lugares poblados.

Pobre calidad del agua, salobre o agua salina, también ocurre naturalmente cerca de las áreas geotermales y costeras. La intrusión de agua salada contamina los pozos en las regiones costeras y en las desembocaduras de los ríos a lo largo de la costa.

Información específica acerca de la calidad del agua no está disponible, pero varios oficiales entrevistados para esta evaluación informaron al grupo que en su gran mayoría el agua superficial ha experimentado importantes incrementos en los niveles de contaminantes en las dos décadas pasadas.

1. Calidad del Agua Superficial

Aunque el agua superficial es abundante, la contaminación biológica ocurre a lo largo de toda la nación, especialmente cerca de las áreas densamente pobladas. Excepto por algunas

plantas de tratamiento primario, mayoritariamente cerca de las áreas urbanas, todos los efluentes industriales y domésticos son liberados dentro de los ríos y áreas costeras sin ningún tipo de tratamiento. De acuerdo a los oficiales de ANDA, un proyecto con financiamiento Francés construirá dos plantas de tratamiento de alcantarillados para San Salvador, con un tiempo de construcción de 2 ó 3 años. Nuevas regulaciones han sido adoptadas, las cuales obligarán a las nuevas industrias a remover por lo menos el 90 por ciento de los sólidos de sus efluentes antes de que estos sean descargados en los arroyos. Esta regulación no se aplica a las numerosas fuentes existentes de contaminación industrial.

La principal fuente de contaminación del agua de superficie proviene de los desechos no tratados de desperdicios domésticos e industriales. Un estudio de calidad de agua de 1991 del sur oeste de El Salvador, indica una contaminación extrema proviene de materia fecal. El estudio muestra que el 45 por ciento del agua en estudio contiene mas de 9.000 partes de bacteria de coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua. Muchas de estas muestras indican mas de 24.000 partes de bacteria de coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua. El agua potable no debe contener ninguna concentración de coliformes fecales (por ejemplo, cero partes de bacteria de coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua). La contaminación industrial de desperdicios orgánicos en el agua proviene principalmente de la industria agrícola. Plantas de procesamiento de café, plantas de procesamiento de azúcar, destilerías, curtiderías, plantas de leche, fábricas textiles y mataderos son las principales fuentes de la contaminación industrial del agua. Todas las fuentes de agua superficial deberían ser tratadas antes de su uso.

La contaminación química proveniente del uso de pesticidas esta también diseminada, particularmente en áreas donde se cultiva algodón en las planicies costeras del sur este. Dichlorodiphenyl trichloroethane (DDT) es un pesticida común en El Salvador. En el río Grande de San Miguel se han encontrado concentraciones de 3.15 miligramos de DDT por litro de agua, lo cual es tres veces mayor que el límite letal para peces. Existen reportes de que los ríos y arroyos en las principales áreas agrícolas están altamente contaminadas con químicos y pesticidas agrícolas.

Agua severamente contaminada prevalece en el torrente principal del río Acelhuate, el cual sirve de drenaje para San Salvador. Altos niveles de químicos orgánicos no permiten que el agua sea tratada por medio de osmosis reversa. Niveles muy altos de contaminantes se combinan para transformar al río en un peligro biológico y todo contacto con las aguas del río debe ser evitado.

La degradación natural ocurre cerca de los volcanes activos. En áreas hidrotermales, la afluencia de agua subterránea termal degrada los lagos y arroyos existentes. El Lago de Llopango es un lago volcánico que almacena agua salobre con alta concentración de boro, cloro, sodio y potasio. El lago drena a través del río Desague a el río Jiboa, afectando adversamente la calidad del agua del río. El agua del río Jiboa es levemente salobre, disminuyendo la salobridad hacia la costa. El Lago Coatepeque es un lago volcánico sin una salida de agua superficial, el cual almacena una enorme cantidad de agua salobre. La temperatura del agua en el lago es más alta de lo normal. El agua en el río Agua Caliente en la cuenca del río Paz es también salobre debido a la actividad hidrotérmica

Agua salina o salobre existe en lagunas y estuarios a lo largo de la costa del Pacífico. Las lagunas contienen aguas salina y salobre, mientras que los estuarios contienen sólo agua salina. Agua salobre en pantanos costeros de mangles pueden contener grandes cantidades de material orgánico, hierro y magnesio.

2. Calidad del Agua Subterránea

Aunque la calidad del agua subterránea es generalmente buena, excepciones notables existen para áreas de aguas salina o salobre cerca de la costa, junto a los manglares o cerca a áreas geotermales. Actividad geotermal es probablemente común en aguas de subsuperficie mas profundas abajo de los costados superiores de los volcanes, cerca de fumarolas y vertientes termales o cerca de los arroyos tales como el río Jiboa, el cual es alimentado por estas aguas. Las temperaturas de algunas aguas de vertientes son relativamente calientes (30 a 40 grados Celcius) y puede que sean salobres y desagradables al paladar, con pozos cercanos que probablemente son afectados de la misma forma. El agua subterránea geotermal es mas proclive a contener concentraciones en exceso de minerales, lo que las hace inadecuadas para el consumo humano.

La contaminación de acuíferos de poca profundidad por patógenos debido a la disposición indebida de desperdicios animales y humanos es un problema común. Esto es en parte debido las pocas mejoras que se dan en el diseño de sitios para disposición sanitaria. También pozos domésticos pequeños están a menudo ubicados muy cerca de letrinas. Programas amplios de alerta pública pueden mejorar esta situación. La contaminación de acuíferos de poca superficie afecta a áreas cercanas incluso a las villas mas pequeñas o caseríos. Debido a que la superficie de la tabla de agua generalmente sigue los contornos del terreno, el problema de la contaminación generalmente afecta a áreas que se encuentran en las partes bajas de las áreas pobladas. Los acuíferos que consisten de flujos de lava fracturada o brechiforme son particularmente susceptibles a la contaminación ya que el agua es transmitida rápidamente en la subsuperficie con poca o casi no filtración de contaminantes. Sistemas fracturados pueden también transportar la contaminación en direcciones opuestas al declive del terreno. En áreas de sedimentos no consolidados, el agua producida en profundidades menores a 10 o 20 metros probablemente estará contaminada. Acuíferos sobrepuestos de poca profundidad en volcánicas relativamente inalteradas, están también frecuentemente contaminados. El agua obtenida de pozos cercanos a los arroyos están también probablemente contaminados con contaminación severa existente en los acuíferos adyacentes al río Acelhuate. Este río contiene altos niveles de compuestos orgánicos provenientes de desechos domesticos e industriales y es la principal fuente de recarga para los acuíferos a lo largo del río. Mucho de estos contaminantes no pueden ser removidos en forma segura por medio de osmosis reversa.

V. Recomendaciones

Casi todas las agencias gubernamentales, compañías e individuos privados que fueron entrevistados durante la visita al país expresaron su interés en apoyo y asistencia técnica. Ellos están muy bien enterados de la necesidad que tiene el país de aplicar mayores recursos para la planificación, desarrollo y administración de sus recursos de agua.

Ya que la fuente principal de contaminación del agua superficial proviene de la la falta de tratamiento en la disposición de desechos domésticos e industriales, un extenso programa para construcción de nuevas plantas de tratamiento de agua es recomendado, junto con leyes que obliguen a un tratamiento de efluente apropiado. Un programa a gran escala de exploración de agua subterránea, comenzando específicamente en las áreas de los mejores acuíferos sería beneficioso, ya que la mayoría del abastecimiento de agua potable para el país proviene de pozos profundos y vertientes. Las siguientes recomendaciones reflejan un un compuesto de las necesidades identificadas por el grupo de evaluación y los oficiales Salvadoreños.

A. Entrenamiento Técnico Básico

En nuestras conversaciones con ingenieros, fuimos consultados acerca del entrenamiento en planificación e ingeniería de recursos de agua. El Cuerpo de Ingenieros tiene varios programas por computación entrenamiento en la administración de recursos de agua. El Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center HEC) ubicado en Davis, California, ha desarrollado varios de estos programas de computación. Primariamente el HEC-2 es el programa más usado para calcular perfiles de agua superficial. Otros programas HEC incluyen administración y almacenamiento de información, planificación, regulación de embalses, hidráulica de los ríos, hidrología estadística e hidrología de agua de superficie. El Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile ha suministrado entrenamiento de esta naturaleza a otros países Centro Americanos y muchos de los manuales para los usuarios están disponibles en español.

B. Administración de Lechos Acuáticos

La deforestación y los recursos del agua son las principales preocupaciones en El Salvador, por lo tanto el desarrollo de planes exhaustivos para la administración de los lechos o cuencas acuáticas deben ser dirigidos a estos temas. El objetivo de un plan de administración de lechos acuáticos es alcanzar una visión completa de los problemas de los recursos de agua y tierra dentro de un lecho acuático e identificar oportunidades y autoridades para atender tales problemas. La administración de lechos acuáticos es un alcance sistemático en la evaluación de usos alternativos de los recursos de agua y tierra para identificar conflictos y ventajas o desventajas entre los usos en competencia para que así decisiones basadas en información puedan ser tomadas cuando se están contemplando cambios. Tales planes deben incluir medidas a corto plazo (por ej. estabilización de la erosión, protección de puentes, sistemas de alarmas de inundaciones, sistemas pequeños de abastecimiento de agua), medidas intermedias (acciones para el control de inundaciones, programas de control de sedimentos, administración de planicies de inundación, reservorios pequeños) y medidas a largo plazo (reforestación, grandes depósitos para control de inundaciones, hidropoder y abastecimiento de agua). Actualmente falta información hidrológica acerca de los principales ríos de El Salvador. Por lo tanto, hay una urgente necesidad de sistemas adicionales de medición y de reparación en los sistemas que están defectuosos. Suficientes registros hidrológicos son cruciales para el desarrollo de los planes de administración de los lechos de los ríos y una apropiada administración de los recursos de agua.

C. Administración Nacional de los Recursos de Agua y Políticas Recomendadas

Los programas de desarrollo y administración de los recursos de agua del El Salvador están descentralizados. La información relacionada a pozos y sistemas de agua de superficial se mantiene separada por las varias agencias responsables de los recursos del agua. Como resultado, falta de coordinación existe entre las agencias y hasta cierto modo entre los departamentos. Esto crea duplicación de esfuerzos y una falta de intercambio de conocimiento tecnológico y de información.

Los beneficios de mejorar las políticas y la administración de los recursos de agua en El Salvador son enormes. Los objetivos generales de tal esfuerzo se enfocarían en la salud pública, desarrollo económico, bienestar social y en el planes de desarrollo ambiental. Con un marco establecido, ciertos asuntos de política nacional y estrategias de administración emergerían. Esto requeriría de una evaluación de los propósitos de varios proyectos de

recursos de agua tales como abastecimiento de agua, calidad del agua, irrigación, navegación, hidropoder, flora y fauna, ect. La evaluación de todas las necesidades del país podría llevar a una reestructuración de la administración de los recursos del agua en El Salvador y a un interés y políticas nacionales más definidas.

Las políticas y administración de los recursos de agua son la sustancia de un desarrollo equitativo y eficiente. Los cursos de acción recomendados para un mejoramiento gradual del sistema actual de administración son los siguientes: (1) la formación de un consejo de recursos de agua; (2) la formación de una evaluación completa de los recursos de agua; (3) el establecimiento de un centro nacional; (4) el patrocinio de reuniones nacionales e internacionales; y (5) la formación de grupos de trabajo. Estos cursos de acción están explicados en los párrafos siguientes.

1. Consejo de Recursos de Agua

La formación de un Consejo de Recursos de Agua a nivel nacional o internacional alentaría el intercambio de información y posiblemente compartir fondos organizacionales para necesidades en común. El consejo debiera ser integrado por ejecutivos de alto nivel provenientes de las entidades que son miembros. A nivel nacional, los miembros serían jefes de las oficinas nacionales y presidentes de corporaciones de desarrollo. A nivel internacional, los miembros deberían incluir los jefes de la Agencia para Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), Cooperativa para el Alivio Americano a Todas Partes (CARE), La Comunidad Económica Europea, etc. Cada uno de los miembros podría asignar personal para ayudar en estudios especiales y evaluaciones. El objetivo en cualquiera de estos consejos sería el de discutir las actividades de los recursos del agua en El Salvador y actuar como un consejero de estas políticas ante el Presidente de El Salvador. Sería factible que las naciones miembros u otras entidades contribuyeran para un fondo el cual financiaría el desarrollo de recursos comunes de agua o necesidades interrelacionadas. Ejemplos de necesidades comunes son: el desarrollo de una base de datos nacional para información hidrológica e hidráulica; conservación de los recursos del agua y tierra; aumento de las condiciones ambientales. Alentamos el establecimiento permanente de un "Consejo de Recursos del Agua" para vigilar las políticas de los recursos del agua de El Salvador.

2. Evaluaciones Completas de los Recursos del Agua

El potencial de ahorro que podría resultar por llevar a cabo evaluaciones completas de todos los recursos de agua y de actividades interrelacionadas en El Salvador es enorme. Tal esfuerzo requeriría de personal por varios años o de un importante contrato externo. El objeto de estas evaluaciones sería el analizar todas las actividades en recursos de agua que se están llevando a cabo y también las que están en propuestas en El Salvador. Esto requeriría de conversaciones con literalmente cientos de entidades involucradas. A estas conversaciones le seguirían extensivas evaluaciones de campo. Después de que toda la información de campo necesaria ha sido recopilada, la larga y ardua tarea de investigación y análisis puede comenzar. Este esfuerzo dejara al descubierto muchas similitudes y duplicaciones que pueden ser eliminadas, permitiendo una operación más efectiva con respecto a costos. Existe también un potencial significativo de ahorro debido a las economías de escala, tal como consolidar numerosos esfuerzos similares o idénticos en uno solo.

3. Cámara Nacional

Otro método de asimilar información entre varias entidades nacionales e internacionales sería a través de una Cámara. La primera obligación de esta oficina sería desarrollar un listado

de todas las entidades que tienen un interés en alguna materia en particular. Luego, ellos convencerían a aquellos envueltos en desarrollo de recursos de agua en El Salvador de enviar sus respectivas propuestas en recursos de agua. Después ellos simplemente mandarían por correo la información pertinente a las entidades apropiadas según lo requieran. Existen dos principales dificultades con esta alternativa. Primero, los gastos serían altos debido a la gran cantidad de personal requerido. Segundo, podría existir dificultad en obtener cooperación uniforme de parte de todos los involucrados. Los únicos ejemplos conocidos de éxitos con Cámaras es en ambientes donde el uso del proceso es designado por fuerza de ley.

4. Reuniones Nacionales e Internacionales

Simposiums o reuniones Nacionales e Internacionales son un medio común para alentar el intercambio de información. Esto puede ser un excelente foro para científicos, ingenieros y administradores de agua para intercambiar ideas, conceptos y probadas experiencias en la administración de los recursos del agua. Una palabra de alerta – las reuniones no deben ser muy teóricas. Deben darse sugerencias que puedan ser implementables en forma inmediata, así como también propuestas de largo plazo. Sugerimos que un encuentro nacional con participación internacional seleccionada sería una buena reunión inicial. Esta reunión sería también un buen foro para discutir otras alternativas nacionales de políticas de agua, como por ejemplo, el Consejo de Recursos de Agua, evaluaciones completas de recursos de agua, Cámaras Nacionales, etc. La reunión debería durar de 3 a 7 días y deberían darse en una ciudad de fácil acceso, tal como San Salvador. Los temas sugeridos y talleres a ser incluidos son: asuntos de política nacional del agua, conservación del agua, manejo de sequía, grandes proyectos en recursos del agua en planificación o bajo construcción, experimentos en cambios de cultivos, reforestación, erosión de la tierra, técnicas de irrigación, perforación de pozos, calidad del agua, tratamiento de agua e hidroenergía.

5. Formulación de Grupos de Trabajo

Esta idea es algo similar a las otras previamente discutidas. La diferencia es que una agencia nacional de importancia tendría que tomar la iniciativa de dirigir este programa. El primer paso sería identificar una necesidad nacional que fuera de interés generalizado para las entidades operando en El Salvador. Tales necesidades podrían incluir una ley nacional sobre el agua, un programa nacional de educación, una base de datos nacional para información técnica, levantamientos de planos nacionales y un programa nacional para la conservación de los suelos y el agua.

La agencia líder, entonces necesitaría estar de acuerdo con las entidades nacionales e internacionales para co-patrocinar el proyecto por medio de la asignación de miembros de su organización al grupo de trabajo.

Otra variación del concepto de grupo de trabajo y de la idea del Consejo de Recursos de Agua incluye el establecimiento de una Comisión de Recursos del Agua. La tarea de esta comisión sería evaluar las mismas políticas nacionales de recursos de agua discutidos en los párrafos anteriores con vista a hacer recomendaciones sobre políticas del agua y el nivel apropiado de involucración federal. Estas recomendaciones deben ser documentadas por la comisión en un reporte. La comisión consistiría de tres o seis oficiales de alto nivel en El Salvador. Los miembros de la comisión serán designados por el Presidente por 1 a 3 años con tiempos alternados para consistencia y alcances renovados. Ellos deberán tener una mezcla de varios antecedentes – ingenieros, científicos, científicos agrícolas, profesores universitarios, políticos, economistas y geólogos son todos buenos candidatos. Esta comisión necesitaría un cantidad pequeña de personal para administrar los detalles de la operación de la comisión y para

preparar y diseminar los reportes. Los miembros de la comisión tendrán una serie de reuniones públicas y/o el uso de un formato para solicitar el testimonio de una gran gama de profesionales, agencias y público en general. Ellos también deberían solicitar la opinión de varias agencias nacionales e internacionales. Esto, en efecto, podría resultar en una tarea sin costo (para El Salvador) que represente a variadas entidades. Desde esta concentración de individuos, varios comites y sub-comites podrían ser formados para evaluar detalladamente varios temas relacionados a las políticas nacionales del agua, involucramiento de agencias del agua y otras necesidades nacionales de los recursos del agua.

6. Estrategia Sugerida

Es difícil de sugerir una estrategia debido a nuestra falta de conocimiento de la realidad de la burocracia y de la arena política en El Salvador. Un programa bien diseñado en cualquiera de las áreas en discusión podría sin dudas valer la pena. Desde un punto de vista externo, parece que un enfoque desde dos puntos produciría los mayores resultados. Primero, recomendaríamos un establecimiento permanente de una Comisión de Recursos de Agua. Este enfoque involucraría a la gente Salvadoreña y representaría sus puntos de vista en lugar de la perspectiva de un experto "de afuera". El otro programa sugerido es el de llevar a cabo simposios nacionales e internacionales o reuniones. El costo del primer enfoque incluiría una necesidad indirecta de personal para apoyar a la comisión en el futuro.

D. Oportunidades para Ejercicios de Tropa

Actualmente el USSOUTHCOM (Comando Sur) proporciona asistencia a El Salvador a través de sus Ejercicios de Ayuda Humanitaria Cívica puede incluir la perforación de pozos de agua. Los pozos son algunas veces perforados y utilizados para el abastecimiento de agua para tropas durante los ejercicios. Al completar los ejercicios, los pozos que hayan resultado un éxito son apropiadamente adecuados y entregados a las comunidades para su uso en el abastecimiento de agua.

1. Depósitos de Superficie Pequeños

El abastecimiento de agua superficial debería de ser considerado para las áreas donde el desarrollo del agua subterránea no ha sido un éxito y para áreas donde la exploración del agua subterránea pueda ser muy difícil para los ejercicios de tropa. Ejemplos de algunas de estas áreas son los departamentos de Morazan y las áreas montañosas del norte. Extrema cautela debe tenerse en la elección del terreno debido a la contaminación potencial del agua superficial. El diseño de estos depósitos no sería difícil y las técnicas de construcción deberían ser similares a aquellas utilizadas en la construcción de pistas y de caminos. Los principales factores de diseño serían el seleccionar el terreno adecuado, delimitar el depósito en terminos de tamaño y diseñar las estructuras de salida. Estos depósitos deberán ser considerados solamente en áreas donde el agua superficial no está severamente contaminada.

2. Ejercicios de Pozos

Han existido muchos ejercicios militares de de pozos llevados a cabo por los Estados Unidos en El Salvador desde principios de 1990. Los pozos de agua son la principal fuente de agua potable en El Salvador, así que los ejercicios de pozos continuaran siendo beneficiosos, mientras la mayoría del agua superficial no sea potable. Los aspectos positivos de conducir ejercicios de perforación de pozos en El Salvador incluye el proveer de agua potable en áreas donde el agua superficial contaminada sea la única fuente de abastecimiento de agua, y también proveer el entrenamiento a tropas militares Estadounidenses y a perforadores

Salvadoreños. Como parte de los ejercicios de ingeniería de tropa Estadounidenses, la instalación de pozos con pequeñas bombas manuales de agua, especialmente en las áreas rurales de El Salvador, podría ser de gran beneficio para El Salvador. Estos pozos pueden ser una fuente de agua potable confiable, reemplazando a los abastecimientos de agua superficial contaminada en ciertas áreas del país.

La figura A-2 (en la tabla A-2) debería ser usada por planificadores como una guía general para seleccionar las áreas favorables para la perforación de pozos. Las áreas que se ubican en las unidades del mapa 1 y 2 serían buenas áreas para considerar la exploración potencial de pozos. Se debe ser cauteloso si se seleccionan ejercicios de pozos en las áreas ubicadas dentro de las unidades 3 a la 9. Análisis más detallado para áreas seleccionadas se necesitara antes de la elección del terreno para obtener información hidrológica detallada específica del terreno, para poder estimar el porcentaje de éxito en la exploración de agua subterránea.

VI. Resumen

Actualmente no existen leyes, excepto para la nueva industria, que regule la descarga de desperdicios domésticos e industriales. Muchos de los problemas de contaminación están directamente relacionados a la falta de plantas de tratamiento de aguas negras y falta de tratamiento de los efluentes que son descargados en los cursos de agua de la nación. Como resultado, la mayoría de la abundante agua superficial de El Salvador está contaminada y no está adecuadamente desarrollada para el abastecimiento de agua doméstica. La salud general de la población de El Salvador está también en riesgo, como resultado de esta contaminación.

La deforestación se suma al decaimiento de la salud general de los ríos y de los embalses en El Salvador. Aproximadamente el sesenta por ciento de la electricidad del país proviene de la hidroenergía generada de varios embalses en el río Lempa, el cual recibe estimativamente 7 millones de metros cúbicos por año del sedimento ocasionado por la deforestación.

El acceso al agua y a servicios sanitarios es muy bajo en las áreas rurales, contribuyendo a pobres condiciones de vida y enfermedades. En áreas con acceso inadecuado a abastecimiento de agua segura, las enfermedades provenientes de esta situación son los peligros más grandes a la salud. Las enfermedades provenientes del agua tales como la desinteria son las mayores causas de mortalidad infantil en el país.

El agua subterránea es la principal fuente de agua potable. Abastecimientos seguros de agua dulce están disponibles a través de gran parte de El Salvador. Vertientes y pozos profundos proveen de agua subterránea para beber y para el abastecimiento de agua para usos industriales, debido a que muchos acuíferos de poca profundidad se están contaminando. La contaminación de las fuentes de agua subterránea, aunque no es diseminada, puede ser un serio problema local. Los dos problemas de contaminación mas serios son la contaminación biológica del agua subterránea por los desperdicios humanos y de animales y la contaminación química proveniente de la infiltración de químicos agrícolas, particularmente de pesticidas, que van a los acuíferos. La contaminación química industrial está generalmente concentrada en pequeñas áreas.

Entrenamiento técnico, administración de lechos acuáticos, desarrollo de un plan nacional de administración de recursos del agua, mayor construcción de plantas de tratamiento en conjunto con leyes de tratamiento para descarga de efluentes que sean aplicadas, construcción de pequeños depósitos de superficie y ejercicios de perforación de pozos son recomendaciones que presentan la oportunidad para mejorar la situación de los recursos de agua de El Salvador. Si son adoptadas, estas acciones pueden tener un impacto positivo a largo plazo. Muchos de los asuntos discutidos en este reporte requerirán de un compromiso a largo plazo para crear un cambio.

Bibliografía

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). *Consideraciones Sobre el Aforo del Pozo de la Urbanización Ciudad Palmeras*. San Salvador: Pan American Health Organization, June 1990.
- ANDA. *Estudio Hidrogeológico del Área de Cantones El Jocotillo, El Caulote, y Santa Anita*. July 1989.
- ANDA. *Estudio Hidrogeológico del Área, Canton y Caserío El Delirío, Departamento de San Miguel*. December 1990.
- ANDA. *Estudio Hidrogeológico del Área de Usulután*. December 1990.
- ANDA. *Informe Hidrogeológico Área Fuente El Molino y Aforo Pozo*. No. 3, June 1989.
- Agency for International Development, Resources Inventory Center. *El Salvador-Regional Analysis of Physical Resources*. Edition 1, Washington, DC, February 1965.
- Agostini, A., and C.L. Arias. *Journal of Environmental Hydrology*, "The Use of Chloride to Estimate Ground Water Recharge in Two Catchment Áreas on the Guatemalan Volcanic Highland." Vol. 1, No. 1, San Antonio, Texas: International Association for Environmental Hydrology, 1992.
- Armitage, K.B. *Comunicaciones*, "Lagos Volcanicos de El Salvador." Vol. VII, No. 12, San Salvador: Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, January-June 1958.
- Baxter, S. *Lexico Estratigráfico de El Salvador*, San Salvador: Superintendencia de Energía, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa, 1984.
- Burgos, R. *Proceedings of a Workshop on Development of Mineral, Energy, and Water Resources and Mitigation of Geologic Hazards in Central America*, "Current Geological Situation in El Salvador." U.S. Geological Survey Circular 1006, Washington, DC, 1987.
- Burkart, B. *Geology of the Esquipulas, Chanmagua and Cerro Montecristo Quadrangles, Southeastern Guatemala*. Ph.D. thesis, Houston, Texas: Rice University, May 1965.
- Burkart, B., R.E. Clemons, and D.C. Crane. *Bulletin*, "Mesozoic and Cenozoic Stratigraphy of Southeastern Guatemala." Vol. 57, No.1, Houston, Texas: American Association of Petroleum Geologists, January 1973.
- Campos, T. *Geothermics*, "Geothermal Resources of El Salvador, Preliminary Assessment." Vol. 17, No. 2-3, Oxford, Great Britain: Pergamon Press, 1988.
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa. *Electrificación Nacional-Presente y Futuro*. San Salvador, 1978.
- Cunningham, et al. *Earth and Water Resources and Hazards in Central America*. U.S. Geological Survey Circular 925, Washington, DC, 1984.
- Defense Mapping Agency, Hydrographic/Topographic Center. *Combined Joint Operations Graphics (Air)*. Map, Scale 1:250,000, Sheets ND 16-5, ND 16-9, and ND 16-10, Washington, DC, 1987 to 1991.
- Dengo, G., and O. Bohnenberger. *Carbonate Sediments and Reefs, Yucatan Shelf, Mexico, Tectonic Relations of Northern Central America and the Western Caribbean-The Bonacca Expedition, Other Papers on Florida and British Honduras*, "Structural Development of Northern Central America." Memoir 11, Houston, Texas: American Association of Petroleum Geologists, 1969.

Dengo, G. *Estructura Geologia, History Tectonica y Morfologia de America Central*. Edition 1 (Spanish), Mexico City, Mexico: Centro Regional de Ayuda Tecnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1968.

Direccion General de Estadistica y Censos, 1997.

Earth Observation Satellite (EOSAT). *Landsat Thematic Mapper Imagery Path 18/Row50 (12/23/87)*. Lanham, Maryland, December 1987.

EOSAT. *Landsat Thematic Mapper Imagery Path 19/Row50 (3/28/94)*. March 1994.

EOSAT. *Landsat Thematic Mapper Imagery Path 19/Row51 (1/01/89)(U)*. January 1989.

EOSAT. *Landsat Thematic Mapper Imagery Path 18/Row51 (1/10/89)*. January 1989.

Estevez, J.A. *Reconocimiento Hidrogeologico del Area Donde Esta Ubicado el Canton y Caserío Flamenco*. Study No. 223, San Salvador: Pan American Health Organization, September 1989.

Estrada, P.M. *Asia*, "Disponibilidad de Recursos Hidraulicos. Fuentes de Suministro de Agua Potable para el AMSS." No. 114, San Salvador: Organo de Divulgacion Tecnica e Informacion de la Asociacion Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos, December, 1994.

Hoelting, B. *Anales del Servicio Geologico Nacional de El Salvador*, "El Agua Subterránea en los Alredores de San Salvador." No. 4, San Salvador, December 1961.

Hoelting, B. *Comunicaciones, Revista del Instituto Tropical de Investigaciones Cientificas*, "Problemas Hidrogeologicos en El Salvador." Año 7, No. 1-2, San Salvador, 1958.

Instituto Geografico Nacional Ingeniero Pablo Arnoldo Guzman. *Atlas de El Salvador*. Edition 3, San Salvador: Ministerio de Obras Públicas, 1979.

International Commision on Large Dams. *World Register of Dams*. Paris, France, 1984.

Krushensky, R.D., S.M. Cargill, and G.L. Raines. *Development of Mineral, Energy, and Water Resources and Mitigation of Geologic Hazards in Central America*. U.S. Geological Survey Circular 1006, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1987.

Leeden, Fritz van der. *Water Resources of the World*. Port Washington, New York: Water Information Center, Inc., 1975.

Mendez, M. *Planning for Water and Sanitation Programs in Central America: 1991 Update*. Water and Sanitation for Health Project Field Report No. 334, Washington, DC: U.S. Agency for International Development, August 1991.

Meyer, J.D. *Tulane Studies in Geology: Geology of the Ahuachapan Area, Western El Salvador, Central America*. Vol. 5, No. 4, New Orleans: Tulane University of Louisiana, 29 December 1967.

Ministerío de Agricultura y Ganaderia. *Anuario Hidrologico 1979-1980*. San Salvador: Centro de Recursos Naturales, Servicio de Meteorologia e Hidrologia, n.d.

Ministerío de Agricultura y Ganaderia. *Anuario Hidrologico 1978-1979*. n.d.

Ministerío de Agricultura y Ganaderia. *Anuario Hidrologico 1977-1978*. n.d.

Ministerío de Agricultura y Ganaderia. *Anuario Hidrologico 1976-1977*. n.d.

Ministerío de Agricultura y Ganadería. *Anuario Hidrologico 1975-1976*. n.d.

Ministerío de Agricultura y Ganadería. *Anuario Hidrologico 1974-1975*. n.d.

Ministry of Agriculture and Livestock. *Cuenca Hidrografica del río Grande de San Miguel*. San Salvador: Servicio Hidrologico, November 1976.

Ministry of Agriculture and Livestock. *Estudios Hidrologicos 1965-1966*. Technical Bulletin No. 5, Department of Hydrologic Resources, 13 June 1967.

Ministerío de Obras Públicas, Instituto Geografico Nacional Ingeniero "Pablo Arnoldo Guzman." *Atlas de El Salvador*. Edition 3, San Salvador, 1979.

Ministerío de Obras Públicas, Instituto Geografico Nacional Ingeniero "Pablo Arnoldo Guzman." *Mapa Hidrografico República de El Salvador*. Map, Scale 1:500,000, 15 August 1992.

Ministerío de Obras Públicas, Instituto Geografico Nacional Ingeniero "Pablo Arnoldo Guzman." *Topographic Maps*. Scale 1:100,000, Various sheets, 1974 to 1978.

Muehlberger, W.R. *Informe y Trabajos Tecnicos Presentados en la Tercera Reunion de Geologos de America Central*, "The Honduras Depression." Publicaciones Geologicas del ICAITI Numero IV-V, Guatemala City, Guatemala: Instituto Centroamericano de Investigacion y Tecnologia Industrial, 1976.

Nunez Woitschach, R. *Estudio Hidrogeologico del Area Amapalita-Agua Escondida-Yologual*. San Salvador: Pan American Health Organization, December 1988.

Nunez Woitschach, R. *Estudio Hidrogeologico del Area de Santa Ana*, San Salvador: Administracion Nacional e Acueductos y Alcantarillados, December 1988.

Nunez Woitschach, R. *Estudio Hidrogeologico del Area de Sonsonate*. December 1990.

Nunez Woitschach, R. *Estudio Hidrogeologico del Area Donde Estan Ubicados los Cantones y Caseríos San Lorenzo, Conception, San Benito, San Jose Montanita (o Montanita Arriba), Montanita Jicaro (o Montanita Abajo), El Jocotillo, Las Casitas, El Marquezado, Las Delicias y Loma Alta (Departamento de Usulután)*. December 1988.

Nunez Woitschach, R. *Estudio Hidrogeologico del Area Santa Elena, Ereaguayquin, Jiquilisco*. July 1985.

Oviedo Meza, L.D., C.M. Castillo Garcia, and I.V. Cornejo Zelaya. *Evaluacion de los Contaminantes de las Cuencas de los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate al Embalse del Cerron Grande*. Licenciante Paper, San Salvador: Departamento de Quimica y Farmacia-Biologia, Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, January 1996.

Requena, L.F., and B.A. Myton. *Surface and Ground Water Contamination in Selected Watersheds in Southwestern El Salvador*. Water and Sanitation for Health Project Field Report No. 354, Washington, DC: U.S. Agency for International Development, December 1991.

Rodriguez, Ing. S.A. *Fortalecimiento de los Recursos Forestales, Agua y Suelo: Estudio Sedimentologico de la Cuenca Alta del río Lempa*. Soyapango: Ministerio de Agricultura y Ganadería, December 1995.

Rothe, G. *Planning for Water and Sanitation Programs in Central America: 1993 Update*. Water and Sanitation for Health Project Field Report No. 404, Washington, DC: U.S. Agency for International Development, September 1993.

Sayre, A.N., and G.C. Taylor, Jr. *Contributions to the Hydrology of the United States 1945-47*, "Ground Water Resources of the Republic of El Salvador, Central America." U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1079-D, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1951.

Schmidt-Thome, M. *Geologisches Jahrbuch*, "The Geology in the San Salvador Area (El Salvador, Central America), a Basis for City Development and Planning." Reihe B, Heft 13, Hannover, Germany, 1975.

Seeger, D. *Anales del Servicio Geologico Nacional de El Salvador*, "Hidrologia Regional de la Parte Norte del Departamento de Ahuachapan." No. 4, San Salvador: Servicio Geologico Nacional de El Salvador, December 1961.

Seeger, D. *Anales del Servicio Geologico Nacional de El Salvador*, "Influencia de la Geologia Regional en la Hidrologia de El Salvador." December 1961.

Serrano, F. et al. *Biodiversidad y Ecologia de la Cuenca de la Barra de Santiago/El Imposible*. San Salvador: SalvaNatura, Fundacion Ecologica de El Salvador, July 1993.

Sorto, J.M. *Estudio Hidrogeologico Aprovechamiento Multiple de las Aguas Superficiales del rio Seco para el Abastecimiento de Agua de las Poblaciones de San Carlos, El Divisadero, Jocoro y Riego de 50 Hectares*. San Salvador: Pan American Health Organization, February 1987.

U.S. Agency for International Development (USAID). *Analysis of Watershed Management (El Salvador, Guatemala, Honduras)*. PB 85-141745, Washington, DC, 21 September 1982.

U.S. Agency for International Development (USAID), *El Salvador Regional Analysis of Physical Resources*, AID/RIC GIPR No. 3, Washington, DC: AID Resources Inventory Center, February 1965.

USAID. *Regional Analysis of Physical Resources, Central America and Panama*. AID/RIC GIPR No. 3, Washington, DC: AID Resources Inventory Center, February 1965.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs. *Ground Water in the Western Hemisphere, "El Salvador."* Natural Resources/Water Series No. 4, ST/ESA/35, New York, 1976.

University of Arizona, Arid Lands Information Center. *Draft Environmental Profile of El Salvador*. National Park Service Contract No. CX 0001-0-0003, Tucson, Arizona, April 1982.

Velasquez, E. *Proceedings of an International Symposium Convened by UNESCO in Cooperation with the National Committee of the Federal Republic of Germany for the International Hydrological Programme, Koblenz, Federal Republic of Germany, "Underground Water in Volcanic Rocks."* Vol. 1, New York, 28 August-3 September 1983.

Wall, J.R.D. *A Management Plan for the Acelhuate River Catchment, El Salvador: Soil Conservation, River Stabilization and Water Pollution Control*. Land Resource Study 30, Surrey, England: Ministry of Overseas Development, Land Resources Development Centre, 1981.

Weyl, R. *Beitraege zur Regionalen Geologie der Erde-Geology of Central America*. Edition 2, Band 15, Berlin, Germany: Gebruder Borntraeger, 1980.

Wiesemann, G., et al. *Mapa Geologico de la República de El Salvador*. Map, Scale 1:100,000, Various sheets, Hannover, Germany: Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe, 1978.

Wiesemann, G. *Mitt. Geol. Palaeont. Inst. Univ.*, "Remarks on the Geologic Structure of the Republic of El Salvador, Central America." Heft 44, Hamburg, Germany, 1975.

Wozab, D., and R.J. Jovel. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, "Hydrological Analysis of Volcanic Terrane: Lower Basin of the rio Grande de San Miguel, El Salvador." Vol. XV, No. 2, Louvain, Belgium: Ceuterick, June 1970.

Glosario

acuífero	Una formación, grupo de formaciones, o parte de una formación que contiene suficiente material permeable saturado para producir cantidades significativas de agua para pozos y vertientes.
acuíferos confinados	Un acuífero limitado por encima y por debajo por capas impermeables, o por capas de permeabilidad distintivamente más baja.
acuífero no confinado	Un acuífero donde la tabla de agua está expuesta a la atmósfera por aberturas en el material que lo cubre.
agua dulce	Agua que contiene 600 miligramos por litro o menos de cloruros, 300 miligramos por litro o menos de sulfatos y 1.000 miligramos por litro o menos de sólidos disueltos totales.
agua salina	Agua que contiene más de 15,000 miligramos por litro de sólidos disueltos totales. El agua salina no se puede beber sin tratamiento.
agua salobre	Agua que contiene más de 1.000 miligramos por litro, pero no más de 15.000 miligramos por litro de sólidos disueltos totales.
alteración hidrotermal	Formación de materiales nuevos, estructuras y texturas por acción de la infusión de soluciones calientes y fluidos o difusión molecular, generalmente agua de origen magnético.
aluvión	Sedimento depositado por el flujo del agua, como en un banco de un río, planicie de inundación o delta.
andesite	Roca volcánica ignea granulada de fina a media, dura. Densa, marrón a plomo. Andesita es generalmente usada con moderación para propósitos de ingeniería.
area geotermal	Area donde las temperaturas de la subsuperficie son significativamente más altas que las promedio.
arroyo peremne	Un arroyo que fluye a lo largo de todo el año y tiene un caudal mínimo de 40 litros por minuto. Un arroyo peremne es habitualmente alimentado por agua subterránea y su agua superficial generalmente comienza en un nivel más bajo que el nivel de la tabla de agua.
artesiano	Describe agua subterránea que está bajo suficiente presión que puede levantarse por arriba del acuífero que la contiene. Pozos artesianos fluyentes son producidos cuando la presión es tal para forzar el agua por arriba de la superficie del terreno.
basalto	Una roca ignea de color oscuro de granos finos, dura, densa que se presenta comunmente en caudales de lava. Los basaltos son generalmente una fuente de alta calidad para todos los usos de construcción; sin embargo es muy difícil de perforar.
batimetría	La medición de las profundidades del agua en los oceanos, mares y lagos.
bicarbonato (HCO ₃)	Un ión cargado negativamente el cual es el sistema de especies de carbonato dominante presente en la mayoría de las aguas teniendo un valor de pH entre 6.4 y 10.3. Concentraciones excesivas tipicamente resultan en la formación de costras.
brechiforme	Similar a una brequia en su estructura; por ejemplo roca que ha sido completamente fracturada y que pareciera estar compuesta de fragmentos in dividuales altamente angulares.

brequia	Fragmentos de roca angular del tamaño de la grava a más grande en un material granulado más pequeño. Las brequias son un material altamente impredecible para propósitos de construcción y es normalmente evitada por los ingenieros militares.
caldera	Una gran depresión o cuenca en forma de anillo causada por la destrucción o colapso de un cono volcánico. Comunmente rodeado por una cumbre circular.
carbonato	Sal o mineral conteniendo el radical CO ₃ .
caseoío	Pequeña villa o grupo de casas en alrededores rurales.
ceniza volcánica	Materia pirolástica fina compuesta de partículas que son menores a 2 milímetros in diámetro.
cloruro	Un ión cargado negativamente presente en todas las aguas naturales. Concentraciones excesivas son indeseables para muchos usos del agua. El Cloruro puede ser usado como un indicador de contaminación doméstica o industrial.
coliforme fecal	Un grupo de bacterias que son normalmente abundantes en el tracto intestinal de los hombres y otros animales de sangre tibia, usado como indicador (medido como el número de individuos por mililitro de agua) cuando se prueba la calidad sanitaria del agua.
consolidado	Donde materiales de terreno suaves, sueltos o líquidos se han transformado en roca coherente y firme.
corrosión	La eliminación de material de una superficie por medios químicos.
cuenca	Un área baja hacia la cual las vertientes fluyen desde lomas adyacentes. Comunmente, una cuenca se abre hacia el mar o hacia una desembocadura corriente abajo, pero en una región árida sin desembocaduras, una cuenca puede estar rodeada completamente por tierras más altas.
DDT	DDT (dichlorodiphenyl trichloroethane) es un insecticida de contacto incoloro y tóxico para seres humanos y animales cuando es tragado o absorbido a través de la piel.
embalse	Una fuente, lago, tanque, cuenca u otro espacio que es usado para almacenar, regular y controlar agua para recreación, energía eléctrica, control de inundaciones o beber. Un embalse puede ser natural o artificial.
encrustación	Formación de una costra o capa en una superficie.
erupción	La expulsión de materiales volcánicos a la superficie de la tierra.
escoria	Una roca extrusiva ígnea vesiculosa, cenicienta, grano-fina, color oscuro, mafica (sílice-pobre) con una textura de piedra o vidrea. Escoria generalmente forma una costra en la superficie de los flujos basálticos de lava. Esta roca volcánica, consistente de al menos 50 por ciento de huecos, típicamente se forma de una solidificación rápida de lava rica en burbujas de gas.
estación de medición	Una ubicación en una corriente donde los niveles del agua son medidos para registrar la descarga y otros parámetros.
estuario	Un brazo del mar que se extiende hacia adentro de la tierra para encontrar la boca de los ríos.
formación	Estratos o serie de estratos de roca o sedimentos que muestran las propiedades o características litológicas claras y unificantes lo suficientemente grandes como para ser trazadas. Una formación es usualmente tabular en su forma.

Evaluación de los Recursos de Agua de El Salvador

fractura	Una grieta, junta, falla u otro quiebre en una roca.
fumarola	Escape, usualmente volcánico, por el cual gases y vapores son emitidos.
granito	Roca ignea intrusiva media a granular-gruesa, de color claro, cristalina, dura, félsica (ácida) con juntas espaciadas. El granito frecuentemente ocurre en grandes masas con forma de domo formando prominentes picos de montaña.
Holocene	La mas reciente división de tiempo geológico, desde 10.000 años atras al presente. Comenzando al final del Pleistoceno. Holocene es sinónimo de reciente.
hidrómetro	Un instrumento flotante para determinar gravedades específicas de los líquidos.
igneo	Una clase de roca formada por la solidificación de material derretido. Si el material es expulsado a la superficie de la tierra, la roca es llamada extrusiva o roca volcánica, si el material se solidifica dentro de la tierra, la roca es llamada una roca intrusiva o plutónica.
intercaudal	Capas de aluviones u otros materiales no volcánicos enmarcados por sobre y debajo de caudales de lava.
interestratificado	Que ocurre entre o se ubica dentro de otros sedimentos o unidades de roca.
intermitente (arroyo)	Un arroyo o canal de un arroyo que fluye unicamente en algunas ocasiones del año, como cuando recibe agua desde vertientes o de fuentes superficiales, tales como lluvia.
intrusión de agua salada	Desplazo de agua dulce o agua subterránea por el avance de agua salada debido a su mayor densidad. La intrusión de agua salada ocurre usualmente en áreas costeras y estuarios donde contamina pozos de agua dulce.
lago de crater	Un lago generalmente de agua dulce, formado por la acumulación de lluvia y agua subterránea en un crater volcánico o caldera con paredes y suelos relativamente impermeables.
laguna	Un cuerpo de agua de poca profundidad con entrada o toma restringida del mar que contiene agua salobre y salina.
lapilli	Depósito de fragmentos típicamente de escorias volcánicos sueltos o levemente compactos de 2 a 64 milímetros de diámetro.
lava	Roca fluida como la que sale de un volcán o fisura de la superficie de la Tierra. Lava también es el mismo material solidificado por enfriamiento.
lecho	El área contenida dentro de una división de drenaje por encima de un punto específico en un arroyo.
litología	Tipicamente denota un tipo de roca, e.j. sedimentaria, metamórfica o ignea.
manglar	Un grupo de plantas que crece en un pantano marino tropical o subtropical. Un pantano marino dominado por una comunidad de estas.
marítimo tropical (mT)	El principal tipo de masa de aire que es producido sobre los mares tropicales y subtropicales. Es muy tibio y húmedo y es frecuentemente de orientación polar en la área oeste los altos subtropicales.
no consolidado	Materiales terrestres sueltos, blandos o líquidos que no están firmes o compactos.
orgánico (compuestos)	Compuestos de carbono (excepto carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono y monóxido de carbono) en alcantarillas domésticas tales como desperdicios

	metabólicos de heces fecales, orina, grasa, aceites y detergentes. Estos compuestos pueden ser degradados por bacteria la que consume el oxígeno en un cuerpo de agua durante el proceso.
osmosis reversa	Una tecnología de tratamiento de purificación de agua apropiado para cumplir con las regulaciones de agua para beber y que elimina contaminantes inorgánicos y disuelve sólidos. Este método reduce los contaminantes de 90 a un 95 por ciento por un proceso de membrana permeable que separa el agua relativamente pura de soluciones menos puras.
patógeno	Micro organismo causante de enfermedad, tal como un virus o bacteria.
permeabilidad (roca)	La propiedad o capacidad de una roca porosa de transmitir fluidos. Permeabilidad es una medida de la facilidad relativa del flujo de fluido bajo presión desigual. Su unidad de medida es en millidarcy.
pH	Una medida de acidez o alcalinidad de una solución, numericamente igual a 7 para soluciones neutrales, incrementando con el aumento de alcalinidad y disminuyendo con el incremento en acidez. La escala de pH comunmente en uso oscila entre 0 y 14.
piroclástico	Describe material suelto a altamente compacto compuesto de fragmentos volcánicos que fueran expulsados en un estado sólido a semi sólido.
Pleistoceno	Division del tiempo geológico entre 10.000 y 1.6 millones de años atras que se ubica cronologicamente después del Plioceno y antes del Holoceno.
Plioceno	Division del tiempo geológico entre 1.6 millones de años atras que se ubica cronologicamente después del Mioceno y antes del Pleistoceno. El plioceno corresponde a la última división de tiempo del período Terciario.
poméz	Una roca ignea extrusiva, vesicular, vitrea, de granos finos, felsica (rica en silica). Poméz generalmente forma una costra en la superficie de los flujos de lava felsicos o como bloques piroclásticos.
potable	Un líquido adecuado y seguro para beber.
recarga	La adición de agua a una zona de saturación por precipitación, infiltración de arroyos superficiales y otras fuentes.
Reciente	La división de tiempo geológico más reciente, desde 10.000 años atras hasta el presente. Comenzando el final del Pleistoceno. Reciente es sinónimo de Holoceno.
reducción	La reducción del agua o presión en un pozo único o en la totalidad de un acuífero debido al retiro de agua.
roca de carbonato	Roca parecida a la piedra poma o dolomita que consiste principalmente de minerales carbonatos.
sísmico	Relacionado a terremotos o temblores de tierra.
sulfato	Ion divalente SO_4^{2-} cargado negativamente- presente en aguas naturales. Concentraciones excesivas son indeseables para muchos usos del agua, debido a su mediana a moderada propiedad corrosiva.
tabla de agua	La profundidad o nivel bajo el cual el terreno está saturado con agua.
Terciario	La primera división importante de tiempo geológico en la Era Cenozoica, 1.6 a 66 millones de años atras. El Terciario es caracterizado mundialmente por la actividad volcánica y la formación de montañas.

Evaluación de los Recursos de Agua de El Salvador

total de sólidos disueltos (TSD)	La suma de todos los sólidos disueltos en agua o aguas magras.
transmisividad (T)	La proporción en la que el agua de la viscosidad kinemática prevalente es transmitida a través de una unidad de amplitud de un acuífero bajo una unidad de gradiente hidráulica; la proporción en la que el agua pasa por una unidad de amplitud de un acuífero.
turbiedad	Una medida de la reducción de la claridad del agua. Agua poco clara o barrosa es causada por partículas suspendidas de arena, sedimento, arcilla o material orgánico. Turbiedad excesiva debe ser eliminada para hacer potable el agua.
vertiente termal	Una vertiente caliente o tibia, en la que el agua producida ha sido calentada por procesos naturales.

APENDICE A

Resumen Departamental de los Recursos de Agua de El Salvador

Listado de los Lugares por Nombre

Nombre del lugar	Coordenadas Geográficas
Acajutla	1335N08950W
Aguilares	1357N08911W
Ahuachapan	1355N08951W
Bahia de Jiquilisco.....	1314N08833W
Bahia de La Union (bahía).....	1322N08749W
Cerro el Pital (montaña)	1423N08908W
Cerro Nejapa.....	1349N08913W
Cerro Monte Cristo	1425N08921W
Cerro Tecomatepe	1351N08903W
Chalatenango.....	1402N08856W
Planicies Costeras y tierras bajas (región de drenaje).....	1320N08850W
Cojutepeque.....	1343N08856W
Colima	1403N08908W
Cordillera Alotepeque-Metapan	1420N08915W
Cordillera Cacahuatique-Coroban	1347N08807W
Cordillera de Jucuaran (montañas)	1314N08810W
Cordillera Jucuaran-Intipuca.....	1315N08810W
Cutuco.....	1320N08749W
Embalse Cerron Grande (represa)	1400N08910W
Embalse Presa Cinco de Noviembre (represa)	1358N08848W
Embalse del Guajoyo (represa).....	1414N08928W
Embalse Quince de Septiembre (también Embalse del San Lorenzo) (represa)	1343N08830W
Estero de Jaltepeque (laguna)	1319N08855W
Golfo de Fonseca (golfo).....	1310N08740W
Tierras Altas Interiores y Valles (región de drenaje).....	1400N08900W
Isla Conchaguita	1314N08746W
Isla El Tigre (en Honduras)	1316N08738W
Isla Meanguera	1311N08743W
Isla Meanguerita.....	1310N08741W
Lago de Coatepeque (lago).....	1352N08933W
Lago de Guija (lago).....	1416N08031W
Lago de Ilopango (lago)	1340N08903W
Laguna Olomega (lago)	1319N08804W
La Hachadura.....	1351N09006W
Nueva San Salvador	1341N08917W
Paso de La Ceiba.....	1425N08926W
Perquin.....	1357N08810W
Punta Conchaguita.....	1310N08808W
Punta de Amapala (cape).....	1310N08754W
Punta Gorda.....	1319N08949W
Punta La Bolsa (aproximado).....	1322N08749W
Punta Remedios.....	1331N08949W
Punta San Juan.....	1311N08828W
Quezaltepeque.....	1350N08916W

Listado de los Lugares por Nombre, Continuación

Nombre del lugar	Coordenadas Geográficas
Río Acahuapa.....	1334N08839W
Río Acelhuate.....	1404N08908W
Río Agua Caliente	1348N08423W
Río Agua Caliente	1403N08952W
Río Banderas	1332N08943W
Río Cara Sucia.....	1344N09002W
Río Chingo	1402N08944W
Río Comalapa	1325N08910W
Río Copinula	1358N08920W
Río Cusmapa	1413N08931W
Río Desague	1415N08929W
Río de Sonsonate.....	1343N08944W
Río El Desague	1340N08859W
Río El Guayabo.....	1316N08850W
Río El Molino.....	1357N08957W
Río El Molino.....	1316N08827W
Río El Potrero.....	1320N08841W
Río El Terrero.....	1323N08847W
Río Goascoran	1325N08748W
Río Grande de San Miguel.....	1314N08822W
Río Guajoyo	1414N08928W
Río Guayapa.....	1341N09000W
Río Gueveapa	1403N08952W
Río Jalponga.....	1322N08857W
Río Jiboa.....	1322N08904W
Río Lempa.....	1315N08849W
Río Los Limones	1340N08825W
Río Negro.....	1400N08810W
Río Paz	1345N09008W
Río Pululuya.....	1333N08942W
Río Quezalapa	1357N08900W
Río San Antonio	1352N08801W
Río San Francisco.....	1348N09003W
Río Santa Ana (también Río de Canas)	1354N08819W
Río Sapo	1349N08808W
Río Sensunapan (también Río Grande de Sonsonate).....	1336N08951W
Río Sirama (también Río Amatillo)	1327N08748W
Río Sucio.....	1402N08917W
Río Sumpul	1402N08848W
Río Titihuapa.....	1345N08832W
Río Torola	1352N08830W
Río Unire.....	1349N08743W
San Cristobal.....	1411N08940W
San Ignacio	1420N08911W
San Idefonso	1342N08834W

Listado de los Lugares por Nombre, Continuación

Nombre del lugar	Coordenadas Geográficas
San Luis	1342N08905W
Santa Clara	1335N08747W
Santa Cruz	1401N08953W
Santiago Nonualco	1331N08857W
San Vicente (valle)	1339N08848W
Sierra Apaneca-Ilamatepec	1355N08943W
Sierra La Libertad-San Salvador-San Vicente	1340N08905W
Sierra Nahuaterique	1350N08800W
Sierra Tecapa-Chinameca	1330N08825W
Volcan de Conchagua (montaña)	1316N08750W
Volcan de San Salvador	1344N08917W
Volcan de San Vicente	1336N08851W
Volcan de Usulután	1325N08828W

Nota:

Las coordenadas geográficas para los lugares por nombre y características principales están en grados y minutos de latitud y longitud. La latitud se extiende desde los 0 grados del Ecuador y 90 grados al norte o al sur de los polos. La longitud se extiende desde los 0 grados al meridiano establecido en Greenwich, Inglaterra, hasta 180 grados al este o al oeste establecido en el Océano Pacífico cerca de la línea de Fecha Internacional. Las coordenadas Geográficas listan la latitud primero por Hemisferio Norte (N) o Sur (S) y segundo la longitud por el Hemisferio Este (E) u Oeste (O). Por ejemplo:

Acajutla.....1335N08950W

Las coordenadas geográficas para Acajutla que son dadas como 1335N08950W igualan a 13°35' N, 89°50' W y pueden ser escritas como la latitud de 13 grados y 35 minutos norte y como la longitud de 89 grados y 50 minutos oeste. Las coordenadas son aproximadas. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para ubicar puntos en un mapa a escala del país. Las coordenadas geográficas para los ríos están generalmente dadas a la desembocadura del río.

A. Introducción

Este apéndice resume la información de los recursos de agua de El Salvador, el cual puede ser útil para los planificadores de agua como un vistazo general de los recursos disponibles. La figura A-1, Recursos de Agua Superficial, divide al país en categorías de agua de superficie, identificadas en la unidades de mapa del 1 a 7. La tabla A-1, la cual complementa a la figura A-1, detalles de calidad, cantidad y estacionalidad de características importantes de agua dentro de cada unidad de mapa de El Salvador y describe el acceso a estas fuentes de agua. La figura A-2, Recursos de Agua Subterránea, divide al país en categorías con características similares de agua subterránea identificadas como las unidades de mapa del 1 a la 9. La tabla A-2, la cual complementa a la figura A-2, detalla las características predominantes del agua subterránea para cada unidad de mapa de El Salvador, tales como materiales acuíferos y espesor, profundidad al agua, producción y calidad del agua. Se proporciona un resumen de los recursos de agua de cada departamento, basado principalmente en estas figuras y tablas.

Estos gráficos y tablas fueron producidos por El Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de Los Estados Unidos, La División de Operaciones, Departamento de Análisis Hidrográfico, 7701 Telegraph Road, Alexandria, Virginia 22315-3864.

B. Condiciones del Agua por Unidad de Mapa

La figura A-1 divide a El Salvador en siete categorías de unidades de mapa basados en calidad y cantidad de agua. Las unidades de mapa del 1 a la 3 presenta áreas donde el agua superficial dulce está perennemente disponible en cantidades de moderadas a enormes. La unidad de mapa 4 presenta las áreas donde el agua superficial dulce es estacionalmente disponible en moderadas a enormes cantidades desde principios de Mayo hasta Octubre. Las unidades de mapa 5 y 6 presenta las áreas donde el agua superficial dulce es escaza o no la hay. La unidad de mapa 5 también presenta áreas pequeñas a grandes cantidades pueden estar disponibles provenientes de arroyos intermitentes desde principios de Mayo hasta Octubre, pero los canales de los arroyos están secos durante el resto del año. La unidad de mapa 6 presentan también áreas con cantidades muy grandes a enormes de agua salobre o salina que están disponibles desde arroyos, lagos costeros, lagos y pantanos de manglares durante todo el año. La unidad de mapa 7 presenta el agua altamente contaminada del Río Acelhuate. La figura A-1 también divide al país en 11 principales cuencas de ríos etiquetadas I a XI. Varios límites de cuencas de ríos cruzan departamentos y fronteras internacionales.

La figura A-2 divide a El Salvador en nueve categorías de unidades de mapa basadas en calidad y cantidad del agua. Las unidades de mapa 1 y 2 presentan áreas donde el desarrollo de agua subterránea parece ser la más favorable y donde el agua dulce es generalmente abundante. Las unidades de mapa 3 y 4 representan a las áreas donde el agua dulce es abundante localmente. Las unidades de mapa 5 a la 9 representan a las áreas donde el agua dulce es escasa o no existente o áreas donde el agua subterránea es salobre o salina.

La cantidad y calidad del agua superficial o subterránea es descrita para cada departamento siguiendo los terminos a continuación:

Terminos cuantitativos:

Enorme	= >400,000 litros por minuto (100,000 gallons por minuto)
Muy grande	= >40,000 a 400,000 litros por minuto (10,000 a 100,000 gallons por minuto)
Grande	= >4,000 a 40,000 litros por minuto (1,000 a 10,000 gallons por minuto)
Moderado	= >400 a 4,000 litros por minuto (100 a 1,000 gallons por minuto)
Pequeño	= >40 a 400 litros por minuto (10 a 100 gallons por minuto)
Muy pequeño	= >4 a 40 litros por minuto (1 a 10 gallons por minuto)
Exiguo	= \leq 4 litros por minuto (1 gallon por minuto)

Terminos cualitativos:

Agua dulce	= máximo total de sólidos disueltos (TSD)* \leq 1,000 miligramos por litro; Máximo de cloruros \leq 600 miligramos por litros; y Máximo de sulfatos \leq 300 miligramos por litro
Agua salobre	= máximo TSD >1,000 miligramos por litro pero \leq 15,000 miligramos por litro
Agua salina	= *TSD >15,000 miligramos por litro

*TSD es la concentración de minerales en el agua. La mayoría de los minerales disueltos son sales inorgánicas, también conocida como salinidad. La Guía de la Organización Mundial de la Salud establece como el nivel máximo recomendado para la calidad de agua para beber un TSD de 1,000 miligramos por litro.

C. Condiciones del Agua por Departamento

La siguiente información fue recopilada para cada departamento, fue obtenida de información contenida en las figuras A-1 y A-2 y las tablas A-1 y A-2. El contenido para cada departamento consiste en un panorama general y regional del agua superficial y subterránea obtenida de la escala general del país. Localmente, las condiciones descritas pueden diferir. El reconocimiento específico de campo puede revelar diferentes condiciones de agua de las indicadas en las categorías de las unidades de mapa. Los resúmenes por departamento deben ser usados junto con las figuras A-1 y A-2. Las tablas A-1 y A-2 contienen información técnica más detallada. Información adicional es necesaria para describir adecuadamente los recursos de agua de un departamento o región en particular. Información específica de pozos es escasa y en muchas áreas ni siquiera esta disponible. Para todas las áreas que parecen ser adecuadas para pozos tácticos y pozos de bombas manuales, las condiciones locales deben ser investigadas antes de comenzar el programa de perforación.

Departamento de Ahuachapan

Area y tamaño relativo: 1,240 km²
Octavo de 14 departamentos (6 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 300,938
5 por ciento del total de la población

Ahuachapan es el departamento con ubicación al lado oeste de El Salvador, con Guatemala al límite oeste y el Océano Pacífico al sur.

Agua Superficial

El Río Paz, un río importante en el límite con Guatemala, forma el límite oeste del departamento. El río Gueveapa (también conocido como Río Pampe) es el otro río importante en el departamento. Estos ríos están indicados dentro de la unidad de mapa 1 y poseen enormes cantidades de agua dulce disponible todo el año, excepto de Noviembre a Abril cuando el río tiene una producción un poco menor. Los canales mas bajos de los richuelos pequeños en el departamento, tales como el río El Molino, río Cara Sucia y el río Guayapa, producen grandes a moderadas cantidades de agua dulce durante todo el año. Casi la totalidad del departamento corresponde en las unidades de mapa 4 y 5, donde el agua dulce está disponible solamente estacionalmente desde principios de Mayo hasta Octubre. La ciudad capital de Ahuachapan corresponde a la unidad de mapa 6, donde el agua salobre o salina esta disponible durante todo el año.

Agua Subterránea

Las áreas mas favorables para la exploración de agua subterránea están demostradas en la unidad de mapa 1, la cual es el área al extremo norte y cubre alrededor del 30 por ciento del departamento. La ciudad capital de Ahauchapan pertenece a esta área. Otras áreas favorables para la exploración de agua subterránea están en la pate sur del departamento, demostrado por una pequeña área en la unidad de mapa 2 y la unidad de mapa 3.

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no se recomienda en el resto del departamento representado por las unidades de mapa 4, 5 y 8. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua podrían tener solamente éxito marginal en estas áreas. Las áreas de la unidad de mapa 5 se sitúan en la Sierra Apaneca-Illamatepec en la parte central-este del departamento e incluye alrededor del 10 al 15 por ciento del departamento. Esta área se caracteriza por terrenos escabrosos, con la tabla de agua subterránea regional a gran profundidad. Agua salobre a salina, presentada en la unidad de mapa 8 está disponible desde los acuíferos de las planicies costeras a lo largo de la costa del Pacífico.

Departamento de Cabañas

Area y tamaño relativo: 1,104 km²
Doceavo de 14 departamentos (5 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 150,173
<3 por ciento del total de la población (el departamento menos poblado)

El límite norte de este departamento es compartido con Honduras a lo largo del río Lempa.

Agua Superficial

La mayoría del agua de superficie que está disponible durante todo el año proviene desde los ríos y las represas que forman la mayoría de los límites del departamento, tal como lo demuestra la unidad de mapa 1. El río Lempa, río Titihuapa, río Quezalapa, Embalse Presa Cinco de Noviembre y el Embalse Quince de Septiembre a lo largo de los límites contienen la mayoría de agua dulce superficial del departamento, la cual está disponible de grandes a enormes cantidades durante todo el año. El embalse Presa Cinco de Noviembre y el embalse Quince de Septiembre son las principales represas en el río Lempa que proveen de energía eléctrica a El Salvador. Parte del embalse de la Presa Cinco de Noviembre se encuentra en el departamento y tiene una capacidad de 81 kilowatts. Parte del embalse Quince de Septiembre también se encuentra en el departamento con una capacidad de 180 kilowatts. Ambas represas tienen enormes cantidades de agua dulce disponible durante de todo el año. El resto del departamento (acerca del 80 a 90 por ciento) tiene agua dulce solamente disponible estacionalmente desde principios de Mayo hasta Octubre.

Agua Subterránea

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendable en el 90 por ciento del departamento representado por la unidad de mapa 4. Estas áreas consisten de volcánicas antiguas, donde la exploración exitosa de agua subterránea depende del descubrimiento de fracturas en los cojinetes de agua durante la perforación. La ciudad capital de Sensuntepeque se ubica dentro de la unidad de mapa 4. El resto del departamento se ubica dentro de la unidad de mapa 3 en volcánicas principalmente de la Formación de Cuscatlan. Técnicos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales en estas áreas, con los pozos mas exitosos ubicados en las zonas de fracturas.

Departamento de Chalatenango

Area y tamaño relativo: 2,017 km²
Quinto de 14 departamentos (9.5 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 192,601
3 por ciento del total de la población

El límite norte de este departamento es la frontera con Honduras.

Agua Superficial

La mayoría del departamento se ubica en la unidad de mapa 4, donde moderadas a enormes cantidades de agua dulce están estacionalmente disponibles solamente desde principios de Mayo hasta Octubre proveniente de pequeños lagos y arroyos intermitentes. Acerca del 20 por ciento del departamento, en el norte y el este, está en la unidad de mapa 5 donde pequeñas a grandes cantidades de agua dulce están estacionalmente disponibles solamente desde arroyos efímeros o intermitentes desde principios de Mayo hasta Octubre. Una gran parte del embalse Cerron Grande, la represa más grande de El Salvador, se ubica a lo largo del río Lempa y está en la parte sur del departamento. Esta represa es utilizada para energía eléctrica y tiene una capacidad de 135 kilowatts. El embalse Presa Cinco de Noviembre, otra importante represa utilizada para energía eléctrica, también se ubica a lo largo del río Lempa en la parte sureste del departamento y tiene una capacidad de 81 kilowatts. Estas represas producen de muy grande a enorme cantidades de agua dulce alrededor de todo el año. El río Lempa y las represas forman la mayor parte de los límites este, oeste y sur del departamento. El río Sumpul, un río importante que se ubica en la unidad de mapa 1 produce de muy grandes a enormes cantidades de agua durante de todo el año, además forma una gran parte del límite norte del departamento, el cual es compartido con Honduras. Chalatenango, la capital del departamento, se ubica al norte del río Tamulasco que es un arroyo de mediano tamaño en la unidad de mapa 2 y que también produce de grandes a muy grandes cantidades de agua dulce durante todo el año.

Agua Subterránea

Acerca del 15 por ciento del departamento se ubica dentro las áreas que generalmente serían favorables para la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares, como se demuestra en las unidades de mapa 1 y 3. Estas áreas están en la parte sur y suroeste del departamento. El resto del departamento se ubica en las unidades de mapa 4 y 6, donde la exploración de agua subterránea no es recomendada durante ejercicios de pozos. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua podrían tener éxitos marginales en estas áreas. La ciudad capital de Chalatenango se ubica en la unidad de mapa 4.

Departamento de Cuscatlan

Area y tamaño relativo: 756 km²
El departamento mas pequeño de El Salvador (3.5 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 196,413
3 por ciento del total de la población

Este departamento está en la parte central de El Salvador.

Agua Superficial

La mayoría del departamento, incluyendo la ciudad capital de Cojutepeque, tiene agua dulce de superficie sólo estacionalmente disponible desde principios de Mayo hasta Octubre, como se demuestra en la unidad de mapa 4. Acerca del 10 por ciento del departamento, unidades de mapa 1 y 2, tienen agua dulce disponible durante todo el año, incluyendo el embalse Cerron Grande, el río Quezalpa y un área pequeña en el límite, en la parte más al sur del departamento. Una pequeña parte del departamento a lo largo del límite noroeste contiene aguas altamente contaminadas provenientes del río Acelhuate. El lago de Ilopango, el cual es de origen volcánico, se ubica parcialmente dentro del departamento en la esquina suroeste y almacena agua salobre durante todo el año.

Agua Subterránea

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares podría ser considerada en alrededor del 70 por ciento del departamento en las áreas de las unidades de mapa 1 y 3. La ciudad capital Cojutepeque está ubicada en la unidad de mapa 3, en la parte sur del departamento. La unidad de mapa 3 consiste de volcánicas, principalmente de la Formación de Cuscatlan, donde la exploración de agua subterránea sería moderadamente exitosa con las mejores producciones ubicadas en zonas de fracturas. Dos áreas aisladas de la unidad de mapa 1, las cuales son las más favorables para la exploración de agua subterránea, están ubicadas al este del río Acelhuate y al norte del Lago de Ilopango.

El resto del departamento consiste de acuíferos altamente contaminados asociados con el río Acelhuate, agua salobre cerca del Lago Ilopango y las áreas de la unidad de mapa 5 de faldeos volcánicos pronunciados. Estas áreas no son recomendadas para la exploración de agua subterránea.

Departamento La Libertad

Area y tamaño relativo: 1,653 km²
Sexto de 14 departamentos (8 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 622,509
11 por ciento del total de la población (segundo departamento más poblado)

El océano Pacífico forma el límite sur del departamento. El departamento tiene abundantes recursos de agua. Parte del volcán de San Salvador se ubica en la parte central del departamento.

Agua Superficial

La Libertad tiene unos pocos ríos importantes que se ubican dentro de la unidad de mapa 1 en la parte norte del departamento, como el río Lempa, el río Sucio y parte del río Suquiaca. Estos ríos importantes tienen de muy grande a enormes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año. Existen varios arroyos de tamaño mediano, tales como el río Chilama y parte del río El Sunzal, que tienen de grande a muy grandes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año en sus canales más bajos. Menos del 15 por ciento del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 1, 2 y 3, donde el agua dulce está disponible durante todo el año. La mayoría del departamento se ubica dentro de la unidad de mapa 4, incluyendo la ciudad capital de Nueva San Salvador, donde moderada a enormes cantidades de agua dulce están estacionalmente disponible desde principios de Mayo hasta Octubre. Aproximadamente el 15 por ciento del departamento se ubica dentro de la unidad de mapa 5, ubicada cerca del volcán de San Salvador y en una cadena montañosa que corre de este a oeste a lo largo de la parte central sur del departamento. En estas áreas, de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce sólo están estacionalmente disponibles desde principios de Mayo hasta Octubre.

Agua Subterránea

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares es recomendada en las unidades de mapa 1 y 3, la cual cubre casi la mitad del departamento en las partes central y este. La unidad de mapa 1 en la parte central del departamento (menos en las pendientes pronunciadas altas del volcán de San Salvador), incluyendo la ciudad capital de Nueva San Salvador, donde la exploración de agua subterránea sería más favorable, principalmente en la Formación Volcánica de de San Salvador. La mayoría de la unidad de mapa 3 se ubica a lo largo del límite noreste del departamento, donde la mayoría de los acuíferos consisten de volcánicas de la Formación de Cuscatlan. Los pozos localizados a lo largo de grandes fracturas en estas áreas de la unidad de mapa 3, pueden producir suficientes cantidades para pozos municipales y de irrigación.

El resto del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 4, 5 y 8, en las cuales la exploración de agua subterránea no es recomendada durante ejercicios militares, debido a volcánicas antiguas o a la pobre calidad del agua que se espera encontrar. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua podrían tener un éxito marginal en estas áreas, pero las áreas de la unidad de mapa 8 deben ser evitadas debido a la pobre calidad del agua.

La unidad de mapa 4 ocupa aproximadamente la mitad del departamento, donde el éxito en la exploración de agua subterránea puede depender de encontrar fracturas proveedoras de agua en volcánicas antiguas. La unidad de mapa 5 se ubica a lo largo de pendientes pronunciadas altas del volcán de San Salvador donde la tabla de agua subterránea regional es muy profunda. Una pequeña área al norte del volcán de San Salvador se ubica en la unidad de mapa 8 donde se anticipa encontrar agua subterránea salobre a salina. La unidad de mapa 8 también se ubica a lo largo de las áreas costeras, donde se anticipa encontrar agua salobre o salina en pozos aluviales. La exploración de agua subterránea no es recomendada en la unidad de mapa 8, particularmente donde la elevación del terreno es menor a 10 metros sobre el nivel del mar, esto es debido al potencial de encontrar agua de pobre calidad.

Departamento de La Paz

Area y tamaño relativo: 1,224 km²
Décimo de 14 departamentos (6 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 278,465
5 por ciento del total de la población

El Océano Pacífico forma el límite sur del departamento. El departamento tiene abundante recursos de agua. Parte del volcán de San Vicente se ubica en la parte noreste del departamento.

Agua Superficial

Muchos arroyos de tamaño mediano en La Paz que descargan en el Océano, tienen de grandes a muy grandes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año en sus canales medios a bajos, tales como el río Comalapa y río Jalpona. Aproximadamente el 10 por ciento del departamento se ubica dentro de estas áreas en la unidad de mapa 2. La mayoría del departamento, incluyendo la ciudad capital de Zacatecoluca se ubican dentro de la unidad de mapa 4, donde de moderada a enormes cantidades de agua dulce están disponibles estacionalmente desde pequeños arroyos intermitentes, desde principios de Mayo hasta Octubre. Las áreas de la unidad de mapa 6 están cerca del lago de Ilopango, en la parte norte del departamento y a lo largo del río Jiboa y partes de la costa, donde agua salobre a salina está disponible durante todo el año. El lago de Ilopango es de origen volcánico y tiene un contenido alto de minerales que afecta adversamente la calidad del agua y por lo tanto degrada al agua superficial que alimenta, tal como el río Jiboa.

Agua Subterránea

La Paz es rica en recursos de agua subterránea, particularmente en las planicies costeras, donde se encuentran los acuíferos aluviales. Numerosos pozos de agua de gran capacidad han sido instalados aquí con gran éxito. Todos los acuíferos aluviales en esta área (unidad de mapa 2) son adecuados para pozos con bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos. Acuíferos aluviales a lo largo de los ríos Comalapa, Sepaquiapa, Jalpongo y Sapuyo son adecuados para pozos municipales o de irrigación. Parte del volcán de San Vicente se ubica en la parte noreste del departamento. El sur y el oeste del volcán, hacia la planicie costera, se ubica dentro de las áreas de la unidad de mapa 3, donde el agua dulce es localmente abundante desde rocas volcánicas que consiste principalmente de la Formación de Cuscatlan. La ciudad capital de Zacatecoluca está en esta área. La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares es recomendada en las planicies costeras, excepto donde la elevación del terreno es menor que 10 metros del nivel promedio del mar y en la unidad de mapa 3 descrita arriba, la cual cubre casi la mitad del departamento.

Las áreas costeras inmediatamente adyacentes al Océano Pacífico se ubican dentro de la unidad de mapa 8 donde de exiguas a grandes cantidades de agua salobre a salina están disponibles provenientes de aluviones no consolidados. Pequeñas áreas que rodean al lago de Ilopango y a lo largo del río Jiboa también se encuentran en esta unidad de mapa. El resto del departamento, que se ubica al sur del lago Ilopango, al oeste del río Jiboa y al norte de la planicie costera, está en la unidad de mapa 4. La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada en estas unidades de mapa. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales en las áreas de la unidad de mapa 4, pero la perforación de pozos debe ser evitada en las áreas de la unidad de mapa 8 debido al potencial de agua de pobre calidad.

Departamento de La Union

Area y tamaño relativo: 2,074 km²
Tercero de 14 departamentos (10 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 280,298
5 por ciento del total de la población

La Union es el departamento que se ubica más al este en El Salvador, con Honduras en el límite norte, Honduras y la Bahía de La Unión en el límite este y el Océano Pacífico al sur.

Agua Superficial

La mayoría del departamento se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce superficial está disponible estacionalmente sólo desde principios de Mayo hasta Octubre proveniente de pequeños lagos y arroyos intermitentes en cantidades de moderadas a enormes y donde las fuentes están predominantemente secas durante el resto del año. La ciudad capital de La Unión se ubica en esta área. El río Goascoran forma el límite este del país y del departamento y es compartido con Honduras. El agua dulce está disponible desde este río desde los canales intermedios a bajos durante todo el año en muy grandes a enormes cantidades. El agua cerca de la bahía de La Unión puede ser salobre o salina.

Agua Subterránea

Unas pocas áreas dispersas, demostradas en las unidades de mapa 2 y 3, cubren cerca del 20 por ciento del departamento, principalmente en el sur y el este y son las áreas más favorables para la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares.

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada en la mayor parte de este departamento. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener solo éxito marginal en esta zona. La unidad de mapa 4 que consiste de volcánicas antiguas cubre la mayoría del departamento y la perforación exitosa de pozos puede depender de encontrar fracturas proveedoras de agua durante la perforación. Amplia cartografía del terreno, exploración geofísica y/o pruebas de perforación serían de ayuda en la localización de ubicaciones de mas favorables para pozos en estas áreas. La unidad de mapa 8 se ubica a lo largo de la costa donde se anticipa que agua salobre o salina sea encontrada en pozos aluviales. La ciudad capital de La Unión se ubica dentro de la unidad de mapa 8. La exploración de agua subterránea no es recomendada es las áreas de la unidad de mapa 8 debido al potencial de agua de pobre calidad, particularmente donde la elevación del terreno es menor a 10 metros sobre el nivel promedio del mar.

Departamento de Morazan

Area y tamaño relativo: 1,447 km²
Séptimo de 14 departamentos (7 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 170,861
<3 por ciento del total de la población (unos de los departamentos menos poblados)

El departamento de Morazan es uno de los que más necesidad de agua potable tiene dentro del país. El límite norte es compartido con Honduras en la parte este de El Salvador.

Agua Superficial

La mayoría del departamento incluyendo la ciudad capital de San Francisco se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce superficial está disponible estacionalmente sólo durante el principio de Mayo hasta Octubre, proveniente de lagos pequeños, lagos y pequeños arroyos intermitentes en cantidades de moderadas a enorme y donde las fuentes están predominantemente secas durante el resto del año. En casi el 15 por ciento del departamento, a lo largo del río Torola y los canales intermedios y bajos del río Sapo y en el río San Francisco, el agua dulce está disponible durante todo el año de grandes a enormes cantidades.

Agua Subterránea

Exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada en este departamento. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales. Volcánicas antiguas cubren la mayoría del departamento y la exploración exitosa puede depender del encuentro de fracturas proveedoras de agua durante la perforación. Amplia cartografía del terreno, exploración geofísica y/o pruebas de perforación serían de ayuda en la localización de ubicaciones mas favorables para pozos.

Departamento de San Miguel

Area y tamaño relativo:	2,077 km ² Segundo de 14 departamentos (10 por ciento del país)
1997 Población (aprox.):	455,270 8 por ciento del total de la población (cuarto departamento más poblado)

El departamento de San Miguel está en la parte este de El Salvador y tiene abundantes recursos de agua superficial y subterránea. El límite norte es compartido con Honduras.

Agua Superficial

Casi la mitad de San Miguel, incluyendo la ciudad capital de San Miguel, se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde de moderadas a enormes cantidades de agua dulce están disponible provenientes de pequeños lagos y pequeños arroyos intermitentes desde principios principios de Mayo hasta Octubre, pero están predominantemente secos el resto del año. Los ríos Grande de San Miguel, Lempa y Torola son ríos importantes que tienen de muy grandes a enormes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año. Corriente abajo (al Sur) de la ciudad capital de San Miguel, el río Grande de San Miguel es muy probable que esté altamente contaminado. Pequeñas confinaciones de agua superficial no deberían ser consideradas corriente abajo de la ciudad de San Miguel debido al potencial de contaminación del agua. El embalse Quince de Septiembre es una represa importante en el río Lempa que provee energía eléctrica a El Salvador. Parte de este embalse que tiene una capacidad de 180 kilowatts, se ubica dentro del departamento y tienen enormes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año. Existen muchos arroyos pequeños y lagos en el departamento que tienen de grandes a enormes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año.

Agua Subterránea

Aproximadamente el 20 por ciento del departamento, incluyendo las ciudad de San Miguel y las áreas oeste, norte y sur de la ciudad se ubican en la unidad de mapa 1, donde de moderadas a enormes cantidades de agua dulce están disponible principalmente de la Formación de San Salvador. Las mejores áreas para exploración de agua subterránea pueden estar en las capas superiores de esta formación, excepto por los pronunciadas pendientes altas del volcán al oeste de la ciudad. Las áreas adyacentes al río Grande de San Miguel, al sur de la ciudad de San Miguel, también son favorables. Sin embargo, los acuíferos más cercanos al río pueden estar contaminados por las grandes cantidades de desperdicios de la ciudad. La mitad sur del departamento, al norte y oeste de la laguna Olomega, es en general el área mas favorable para la exploración de agua subterránea y consiste predominantemente de las unidades de mapa 1, 2 y 3. Las áreas que hay que evitar en esta región son las pronunciadas laderas altas de los volcánes, áreas adyacentes a la laguna de San Juan y los ríos que fluyen de esta. La exploración de agua subterránea es recomendada en el resto de esta área.

La mitad norte del departamento se ubica predominantemente dentro de la unidad de mapa 4, donde de pequeñas a moderadas cantidades de agua están disponible provenientes de rocas volcánicas antiguas. Estas volcánicas son menos favorables para la exploración de agua subterránea que las volcánicas mas jóvenes. Las ubicaciones de los pozos deberían ser localizadas en las partes bajas de los valles y a lo largo de los conjuntos de fracturas. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas proveedoras de agua en las perforaciones. La exploración durante ejercicios militares no es recomendada en esta área. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener aquí éxitos marginales.

Departamento de San Salvador

- Area y tamaño relativo:** 886 km²
Treceavo de 14 departamentos (4 por ciento del país)
- 1997 Población (aprox.):** 1,831,532
31 por ciento del total de la población (el departamento más poblado)

La capital de la nación, San Salvador, se ubica dentro de este departamento, el cual también es la capital departamental. Agua severamente contaminada en el río Acelhuate, el cual es el desagüe de San Salvador, domina el departamento. La ciudad de San Salvador retira acerca de 1.5 m³/sec desde el río Lempa, con el resto de su agua proveniente desde pozos ubicados en un radio de 15 kilómetros de la ciudad.

Agua Superficial

El desagüe para San Salvador es el río Acelhuate, el cual se origina al oeste de San Salvador, fluye por la ciudad y después fluye al norte hacia el río Lempa. Disposición inadecuada de desperdicios de San Salvador en el río Acelhuate ha causado la contaminación severa del agua, transformando al río en un peligro biológico. La unidad de mapa 9 está designada para el río Acelhuate.

Alrededor del 10 por ciento del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 1 y 2, donde grandes a enormes cantidades de agua dulce están disponibles durante todo el año proveniente de arroyos, lagos y represas. El río Lempa, que forma el límite departamental norte y el río Sucio en la parte noroeste del departamento, son los ríos principales. La parte más al oeste del embalse Cerron Grande, el embalse más grande de El Salvador, se ubica en la parte Noreste del departamento. Sin embargo, el río Acelcahue fluye hacia el río Lempa y al embalse Cerron Grande, depositando grandes cantidades de contaminación.

Alrededor del 70 por ciento del departamento se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce está estacionalmente disponible sólo desde principios de Mayo hasta Octubre proveniente de pequeños arroyos intermitentes. El lago Ilopango, la mayoría del cual se ubica dentro del departamento, almacena alrededor de 27 millones de metros cúbicos de agua, es de origen volcánico y tiene un alto contenido mineral que afecta la adversamente la calidad del agua.

Agua Subterránea

La exploración de agua subterránea es recomendada en las unidades de mapa 1 y 3 que cubre casi la mitad del departamento en la parte central y Norte. Excepto por el río Acelcahue y las áreas adyacentes, la unidad de mapa 1 se ubica en la parte central del departamento, donde la exploración de agua subterránea sería mas favorable, principalmente en la Formación volcánica de San Salvador. La unidad de mapa 3 se ubica predominantemente en la parte Norte del departamento, donde se encuentran acuíferos principalmente consistentes de volcánicas de la Formación de Cuscatlan. Los pozos ubicados a lo largo de grandes fracturas en estas áreas pueden producir suficientes cantidades de agua para pozos municipales y de irrigación.

El resto del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 4, 5, 8 y 9, donde la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada debido a volcánicas antiguas o a la pobre calidad de agua que se espera encontrar. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales en estas áreas, pero las áreas de las unidades de mapa 8 y 9 deberían ser evitadas debido al potencial de agua de pobre calidad. La unidad de mapa 4 ocupa la parte sur del departamento, el sur de San Salvador y pequeñas áreas aisladas en el norte, donde se espera encontrar volcánicas antiguas. La exploración de agua subterránea en esta unidad de mapa dependerán del encuentro de fracturas proveedoras de agua durante la perforación. Menos del 10 por ciento del departamento se ubica en la unidad de mapa 5 a lo largo de las pronunciadas laderas altas del volcán de San Salvador y del Cerro Nejapa, donde la tabla regional de agua subterránea es muy profunda. El lago de Ilopango, de origen volcánico, está rodeado por las áreas de unidad de mapa 8, donde se anticipa agua subterránea de salobre a salina. San Salvador, la ciudad capital departamental y de la nación se ubica en la unidad de mapa 9 donde la exploración de agua subterránea no se recomienda debido al agua severamente contaminada.

Departamento de Santa Ana

Area y tamaño relativo: 2,023 km²
Cuarto de 14 departamentos (9.5 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 522,139
9 por ciento del total de la población (el tercer departamento más poblado)

Santa Ana es el departamento ubicado al extremo noroeste de El Salvador, con Guatemala en el límite oeste y noroeste y Honduras en el límite noreste.

Agua Superficial

El departamento de Santa Ana tiene muchos ríos y lagos que producen agua dulce durante todo el año mostrados en las unidades de mapa 1, 2 y 3. Los ríos Lempa y Desague son los principales ríos en el departamento, produciendo de muy grandes a enormes cantidades de agua dulce durante todo el año. Los pequeños arroyos incluyen a los ríos Guajoyo, Tahuilapa y al río Suquiapa. Los lagos y represas de agua dulce, encontrados predominantemente en la parte norte del departamento incluyen al lago de Guija, a la laguna de Metapan y al embalse del Guajoyo. La mayor parte del departamento, incluyendo la ciudad capital de Santa Ana, se ubican dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce está estacionalmente disponible desde pequeños arroyos intermitentes sólo desde principios de Mayo hasta Octubre. El lago de Coatepeque, en la parte sur del departamento es de origen volcánico y tiene un alto contenido mineral que adversamente afecta la calidad del agua.

Agua Subterránea

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares podría ser considerada en las áreas de las unidades de mapa 1, 2 y 3, en alrededor de un 50 por ciento del departamento. La mayoría de la unidad de mapa 1, donde la exploración de agua subterránea sería más favorable, está localizada en la parte sur del departamento, incluyendo la ciudad capital de Santa Ana y algunas pequeñas áreas aisladas cerca del lago de Guija. Los mejores acuíferos en la unidad de mapa 1 están en las capas altas de la Formación de San Salvador. Otras áreas favorables en el departamento, que consisten en las unidades de mapa 1, 2 y 3 están en la parte noroeste en las áreas cercanas al lago de Guija, a la laguna de Metapan y al embalse de Guajoyo.

Muchas áreas al norte, oeste y este de Metapan y un área en la parte central del departamento no son recomendadas para la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener aquí éxitos marginales. En el extremo Sur del departamento, al oeste del lago de Coatepeque, que es parte de la Sierra Apaneca-Illamatepec, ocupando las áreas de la unidad de mapa 5, donde el terreno es escabroso y la tabla regional de agua subterránea es muy profunda. La exploración exitosa de agua subterránea en muchas de estas áreas puede depender de encontrar durante la perforación, fracturas proveedoras de agua en acuíferos volcánicos antiguos.

Departamento de San Vicente

Area y tamaño relativo: 1,184 km²
Onceavo de 14 departamentos (5.5 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 155,265
3 por ciento del total de la población (uno de los departamentos menos poblados)

El departamento está en El Salvador central con el Océano Pacífico en el sur.

Agua de Superficie

El río Lempa, el cual tiene de muy grandes a enormes cantidades de agua durante todo el año, forma el límite este del departamento. El embalse Quince de Septiembre es un embalse importante en el río Lempa el cual provee de hidroenergía a El Salvador. Parte de este embalse, el cual tiene una capacidad 180 kilowatts, se ubica al noreste del departamento y tiene enormes cantidades de agua dulce disponible durante todo el año. El río Titihuapa, el cual forma parte del límite norte del departamento, los canales bajos del río Acahuapa y los canales medios del río el Guayabo tienen de moderadas a enormes cantidades de agua dulce durante todo el año. La ciudad capital de San Vicente se ubica a lo largo del río Acahuapa. La mayor parte del departamento (alrededor del 80 por ciento), sin embargo tiene agua dulce estacionalmente disponible sólo desde principios de Mayo hasta Octubre, como lo demuestra la unidad de mapa 4. El extremo sur del departamento, en la desembocadura del río Guayabo en el Océano Pacífico, tiene de muy grandes a enormes cantidades de agua salobre y salina disponible durante todo el año.

Agua Subterránea

Alrededor del 30 por ciento del departamento, unidades de mapa 1, 2 y 3, tienen áreas que son de favorables a moderadamente favorables para la exploración de agua subterránea. Las mejores áreas están en las unidades de mapa 1 y 2 ubicadas en la misma ciudad, en una pequeña área al norte del volcán de San Vicente y en una pequeña área aislada al noreste de la misma ciudad y en el sur.

El resto del departamento se ubica predominantemente dentro de las unidades de mapa 4 y 5. Estas áreas no son tan favorables para la exploración de agua subterránea, ya que contienen volcánicas antiguas donde el éxito en la exploración del agua subterránea depende de encontrar fracturas proveedoras de agua durante la perforación. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales, pero la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada en estas áreas. Agua subterránea de salobre a salina prevalece a lo largo de la costa.

Departamento de Sonsonate

Area y tamaño relativo: 1,226 km²
Noveno de 14 departamentos (6 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 419,019
7 por ciento del total de la población

El departamento de Sonsonate el cual se ubica en la parte sureste del país, tiene abundantes recursos de agua. La sierra Apaneca-Illamatepec, una cadena montañosa volcánica, se ubica en la parte norte del departamento al oeste del lago Coatepeque.

Agua Superficial

Alrededor del 15 por ciento del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 2 y 3, donde los canales intermedios y bajos de arroyos medianos y pequeños producen de moderadas a enormes cantidades de agua dulce durante todo el año. Estos arroyos incluyen a los ríos San Pedro, Sensunapan, Ceniza y al río Banderas, ubicados en la parte sur del departamento. La ciudad capital de Sonsonate está ubicada a lo largo del río Sensunapan, en la unidad de mapa 2. El resto del departamento se ubica predominantemente en las unidades de mapa 4 y 5, donde el agua dulce está disponible estacionalmente sólo desde principios de Mayo hasta Octubre.

Agua Subterránea

Sonsonate es muy rico en recursos de agua subterránea. Alrededor de la mitad del departamento se ubica dentro de las unidades de mapa 1, 2 y 3, donde la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares podría ser considerada. Las áreas más favorables para la exploración de agua subterránea se ubican dentro de las unidades de mapa 1, cubriendo aproximadamente el 20 por ciento del departamento, al sur de la cadena montañosa sierra Apaneca-Illamatepec en la parte central del departamento. La ciudad capital de Sonsonate se ubica en esta área. Acuíferos aluviales a lo largo del río Sensunapan y el río Banderas son adecuados para pozos municipales y de irrigación.

La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no es recomendada en el resto del departamento, lo cual incluye las unidades de mapa 4, 5, 7 y 8. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales, pero las áreas de la unidad de mapa 8 deberían ser evitadas debido al potencial de agua de pobre calidad. Las áreas de las unidades de mapa 5 y 7 se ubican en el montañoso norte, a lo largo de las altas laderas pronunciadas de los volcánes, donde la tabla regional de agua subterránea es profunda y el acceso es difícil. Los acuíferos en las áreas costeras y en las zonas adyacentes al lago de Coatepeque en la parte noroeste del departamento (unidad de mapa 8), contienen agua de salobre a salina.

Departamento de Usulután

Area y tamaño relativo: 2,130 km²
El departamento más grande en El Salvador (10 por ciento del país)

1997 Población (aprox.): 333,077
6 por ciento de la población total

El departamento de Usulután es rico en recursos de agua superficial y subterránea – uno de los departamentos más ricos para recursos de agua en El Salvador.

Agua Superficial

El río Lempa, el más grande y más importante río en El Salvador, forma la totalidad del límite oeste del departamento y tiene agua dulce disponible durante todo el año en muy grandes a enormes cantidades, como se muestra en la unidad de mapa 1. La parte sur del río Grande de San Miguel también se ubica en la unidad de mapa 1, en la parte sur del departamento. Unos pocos arroyos de mediano tamaño, tal como el río Los Limones y el río El Molino que se ubican dentro de las unidades de mapa 2 y 3 tienen de moderadas a enormes cantidades de agua dulce disponible en sus canales intermedios a lo largo de todo el año. El resto del departamento tiene agua dulce disponible estacionalmente sólo desde principios de Mayo hasta Octubre. En las áreas costeras, a lo largo del Océano Pacífico y la Bahía de Jiquilisco, agua salobre a salina está disponible de muy grandes a enormes cantidades durante todo el año. El agua superficial cerca del volcán de Usulután en la unidad de mapa 5, puede tener valores altos de TSD debido a las aguas geotermales provenientes de la actividad volcánica.

Agua Subterránea

Usulután tiene abundantes recursos de agua subterránea. De moderadas a grandes cantidades de agua subterránea dulce está disponible durante todo el año en la mayor parte del departamento, incluyendo la ciudad capital de Usulután. Excepto por altas laderas pronunciadas del volcán de Usulután, las áreas costeras y una muy pequeña área en la parte noroeste del departamento, la exploración de aguas subterráneas durante ejercicios militares es recomendada en todo el departamento. Técnicos peritos civiles especializados en la perforación de pozos de agua pueden tener éxitos marginales en todo el departamento, pero las áreas de la unidad de mapa 8 deberían ser evitadas por el potencial de agua de pobre calidad. Los mejores acuíferos se ubican dentro de las capas superiores de la Formación de San Salvador en las áreas de la unidad de mapa 1. Agua subterránea geotermal asociada con la actividad volcánica del volcán de Usulután puede contener excesiva mineralización.

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie

Unidad de mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Calidad ³	Accesividad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible	<p>Principales ríos, lagos y represas a lo largo de todo el año.</p> <p>Cuenca del Río Lempa (I)¹: Río Acahuapa (1334N08839W)⁴, Río Agua Caliente (afluente al río Sucio) (1348N08923W), canales bajos del río Guajoyo (1414N08928W), Río Lempa (1315N08849W), Río Ostua (1417N08933W), Río Quezalapa (1357N08900W), Río Suquiapa (1403N08918W), Río Sucio (1402N08917W), Río Sumpul (1402N08848W), Río Titihuapa (1345N08832W), y Río Torola (1352N08830W). Los principales lagos incluyen Lago de Guija (1416N08931W) y Laguna de Metapan (1419N08929W). Las principales represas incluyen el Embalse Cerron Grande (1400N08910W), Embalse Presa Cinco de Noviembre (1358N08848W), y Embalse Quince de Septiembre (1343N08830W); todos están en el Río Lempa (1315N08849W).</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): Río Goascoran (1325N08748W).</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): Río Grande de San Miguel (1314N08822W), Laguna El Jocotal (1320N08815W); un lago importante, Laguna Olomega (1319N08804W).</p> <p>Cuenca del río Paz (IV): Río Paz (1345N09008W) y río Gueveapa (Río Pampe) (1403N08952W). Un lago, Laguna del Llano (1357N08952W).</p>	<p>Muy grandes a enormes cantidades están disponibles durante de todo el año. La mayoría de los ríos principales producen cantidades muy grandes desde principios de Noviembre hasta Abril y enormes cantidades el resto del año. Estaciones seleccionadas de medición de corriente con descarga mínima registrada para los períodos 1965-66, 1970-71 y 1974-80 están listadas abajo, a continuación de las unidades hidrográficas correspondientes.</p> <p>Los caudales de los ríos cerca de las áreas agrícolas pueden ser reducidos severamente por desviaciones para regadío durante la mayor parte de la estación seca (principios de Noviembre a Abril).</p> <p>Cuenca del río Lempas (I): 14 Río Acahuapa cerca de El Obrajuelo Lempa (1335N08840W), 64,600 L/min; 4 Río Agua Caliente (afluente al río Sucio) cerca de San Andrés (1348N08924W), 43,200 L/min; 8 La parte alta del río Lempa en Citala (1422N08913W), 40,000 L/min; 15 Brazo mayor del río Lempa en San Marcos (1326N08842W), 3,210,000 L/min; 6 Río Suquiapa cerca de la boca (1403N08918W), 131,000 L/min; 7 Río Sucio cerca de la boca (1402N08917W), 258,000 L/min; 11 Río Sumpul en Las Flores (1403N08849W), 54,300 L/min; 16 Río Titihuapa cerca de la desembocadura (1345N08832W), 87,400 L/min; 17 Río Torola en Osicala (1350N08809W), 43,000 L/min; 9 Río Quezalapa cerca de la boca (1357N08900W), 72,000 L/min; Embalse Presa Cinco de Noviembre (1358N08848W) promedio regulado de salida en el Embalse Presa Cinco de Noviembre (represa) (1359N08846W) is 4,500,000 L/min.</p>	<p>El agua es generalmente dulce con TSD fluctuando desde 230 a 480 mg/L. Las cargas de sedimento son altas durante el período de caudal alto desde principios de Mayo hasta Octubre. Las fuentes están biológicamente contaminadas, especialmente cerca de las áreas densamente pobladas. La contaminación de químicos agrícolas e industriales es también un problema.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 14 Río Acahuapa cerca de El Obrajuelo Lempa (1335N08840W), pH 7.4 a 8.6 y TSD 180 a 310 mg/L; 4 Río Agua Caliente (afluente al río Sucio) cerca de San Andrés (1348N08924W), pH 7.1 a 9.2 y TSD 250 a 660; 8 La parte alta del río Lempa en Citala (1422N08913W), pH 7.0 a 9.0 y TSD 50 y 150; 15 Brazo mayor del río Lempa en San Marcos (1326N08842W), pH 6.8 a 8.1 y TSD 60 a 180 mg/L; 6 Río Suquiapa cerca de la boca (1403N08918W) pH 7.0 a 8.4 y TSD 125 a 385 mg/L; 16 Río Titihuapa cerca de la desembocadura (1345N08832W), pH 7.3 a 9.3 y TSD 80 a 205 mg/L; 7 Río Sucio cerca de la desembocadura (1402N08916W), pH 8.3 y TSD 435 mg/L; 11 Río Sumpul en Las Flores (1403N08849W), pH 6.9 a 8.1 y TSD 152 mg/L; 17 Río Torola en Osicala (1350N08809W), pH 7.1 a 8.2 y TSD 30 to 470 mg/L; 9 Río Quezalapa (1357N08900W), pH 7.3 a 8.0 y TSD 155 a 220 mg/L. Lago de Guija (1416N08931W), pH 8.3.</p>	<p>El acceso y el desarrollo de puntos de agua son influenciados por la topografía y la cubierta del suelo. Condiciones topográficas adversas que impiden el acceso incluyen bancos empinados altos. Después de lluvias fuertes, los ríos suben su caudal aumenta la corriente y residuos flotantes pueden destruir el equipo de toma o de ingreso.</p> <p>La laguna de Metapan tiene (1419N08929W) bancos planos bajos; sin embargo, tierras pantanosas adyacentes se inundan con aguas altas. Laguna El Jocotal (1320N08815W) tiene bancos bajos planos es pantanoso en las riberas del norte. Laguna Olomega (1319N08804W) tiene una ribera baja, excepto en el lado sur, donde los bancos de elevan 230 m arriba del nivel del lago. Embalse Cinco de Noviembre (1358N08848W) tiene bancos empinados altos; sus bancos mas bajos están en la ribera sureste. Lago de Guija (1416N08931W) tiene varias playas arenosas bajas; playas angostas en su ribera sur las que están contenidas por cerros pronunciados. El acceso y el desarrollo de puntos de agua son viables en áreas pobladas y en amplias planicies de inundación.</p>	<p>La protección del equipo en contra de las inundaciones y los residuos es recomendada. Mantenimiento frecuente del equipo de toma o ingreso a lo largo de los canales que llevan altas cargas de sedimento es recomendada para combatir la rápida sedimentación.</p>

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

Unidad de mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Calidad ³	Accesividad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible (continuación)		<p>Cuenca del río Goascoran (II): 19 Río Goascoran en el Puente Goascoran (1336N08746W), 59,400 L/min.</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): 22 Río Grande de San Miguel en Vado Marin (1318N08817W), 149,200 L/min; 25 Río Grande de San Miguel bajo su confluencia con el río San Esteban (1331N08811W), 43,500 L/min.</p> <p>Cuenca del río Paz (IV): 26 Río Paz en La Hachadura (1351N09006W), 492,000 L/min; 27 Río Gueveapa (Río Pampe) cerca de San Lorenzo (1402N08947W), 90,000 L/min.</p>	<p>Cuenca del río Goascoran (II): 19 Río Goascoran en el Puente Goascoran; pH 8.1 y TSD de 105 mg/L.</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): 22 Río Grande de San Miguel en Vado Marin (1318N08817W), pH 7.0 a 8.6 y TSD de 40 a 450 mg/L; 25 Río Grande de San Miguel bajo su confluencia con el río San Esteban (1331N08811W), pH 6.9 a 8.5 y TSD de 85 a 370 mg/L. Laguna Olomega (1319N08804W), pH 7.8 a 9.0 y TSD 195 a 240 mg/L.</p> <p>Cuenca de el río Paz (IV): 26 Río Paz en La Hachadura (1351N09006W), pH 7.1 a 8.9 y TSD de 80 a 630 mg/L; 27 Río Gueveapa (Río Pampe) cerca de San Lorenzo (1402N08947W), pH 7.1 a 8.0 y TSD de 95 a 300 mg/L.</p>		
2 Agua dulce perennemente disponible	<p>Cuenca del río Lempa (I): canales altos del río Acahuapa (1334N08839W), Río Angue (1418N08931W), Río Copinulapa (1400N08843W), Río Las Canas (1311N08911W), Río El Machacal (1347N08846W), Río El Tamarindo (1344N08825W), canales altos del río Guajoyo (1414N08928W), Río Sapo (1349N08808W), canales altos del río Sucio (1402N08917W), Río Tahuilapa (1414N08924W), Río Talhuapa (1402N08952W), Río Tamulasco (1402N08902), canales altos del río Torola (1352N08830W).</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): Río El Sauce (1337N08745W).</p>	<p>Grandes a muy grandes cantidades están disponibles a lo largo durante todo el año. Muchos ríos producen enormes cantidades después de lluvias fuertes. Seleccionadas estaciones de medida con descargas mínimas registradas están listadas a continuación seguidas por sus correspondientes unidades hidrográficas.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 12 Río Acahuapa en San Vicente (1338N08848W), 24,000 L/min; 1 Río Guajoyo cerca de Singuil (1404N08938W), 9,240 L/min; 5 Río Sucio cerca de San Andrés (1349N08924W), 8,340 L/min; 2 Río Angue en Los Puentes (1420N08933W), 4,740 L/min; 13 Río Copinulapa cerca de desembocadura (1400N08843W), 15,100 L/min; 5 Río Sucio cerca de San Andrés (1402N08916W), 8,300 L/min;</p>	<p>El agua es generalmente dulce con TSD oscilando desde 230 a 480 mg/L.</p> <p>Los ríos están biológicamente contaminados cerca de las áreas pobladas.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 12 Río Acahuapa en San Vicente (1338N08848W), pH 8.0 y TSD de 310 mg/L; 1 Río Guajoyo cerca de Singuil (1404N08938W), pH 6.9 a 8.4 y TSD de 80 a 290; 5 Río Sucio cerca de San Andrés (1349N08924W), pH 6.9 a 9.4 y TSD de 260 a 660 mg/L; y 2 Río Angue en Los Puentes (1420N08933W), pH 7.4 a 7.9 y TSD de 230 a 280 mg/L; 13 Río Copinulapa cerca de (1400N08843W), pH 7.5 a 9.1 y TSD 70 a 205 mg/L; 10 Río Tamulasco cerca de Chaletenango (1402N08856W), pH 7.3 a 8.4 y TSD de 70 a 195.</p>	<p>Acceso y desarrollo de puntos de agua son factibles en áreas pobladas y en amplias planicies de inundación.</p>	

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

Unidad de mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Calidad ³	Accesividad	Observaciones
2 Agua dulce perennemente disponible (continuación)	<p>Cuenca del río San Miguel (III): Río Ereguayquin (1318N08823W), Río Guayabal (1332N08811W), Río San Francisco (1336N08806W), Río Villerias (1331N08811W).</p> <p>Cuenca del río Paz (IV): Canales altos del río Gueveapa (Río Pampe) (1403N08952W), Río Tacuba (1358N08959W).</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (V): Río Cara Sucia (1344N09002W), Río Copinula (1358N08920W), Río Guayapa (1341N09000W), Río Sunzacuapa (1331N08929W).</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): Canales altos del río Banderas (1332N08943W), Río Ceniza (1336N08944W), Río San Pedro (1336N08951W), y el Río Sensunapan (1336N08951W).</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): Río Chilama (1329N08920W), Río Comalapa (1325N08910W), Río Comasagua (1329N08921W), Río El Jute (1329N08918W), Río Grande (1330N08923W), Río Mizata (1331N08936W), Río San Antonio (1329N08917W), Río Sunzal (1329N08924W).</p> <p>Cuenca del río Jiboa (VIII): Canales altos del río Jiboa (1322N08904W), Río Sepaquiapa (1327N08902W).</p>	<p>10 Río Tamulasco cerca de Chalatenango (1402N08856W), 5,700 L/min.</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): 18 Río El Sauce cerca de El Sauce (1340N08748W), 4,800 L/min.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): 28 Río San Pedro en la Hacienda Atalaya (1336N08950W), 29,700 L/min; 29 Río Sensunapan en Acajutla (1335N08950W), 36,700 L/min.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): 31 Río Chilama en La Presa (1329N08920W), 3,400 L/min; 33 Río Comalapa en San Luis (San Luis Talpa) (1328N08905W), 8,500 L/min.</p> <p>Río Jiboa basin (VIII): 36 Río Jiboa near San Ramon (1341N08856W), 2,700 L/min.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (IX): 37 Río Jalponga cerca de Santiago Nonhualco (1331N08857W), 4,200 L/min.</p>	<p>Cuenca del río Goascoran basin (II): 18 Río El Sauce cerca de El Sauce (1340N08748W), pH 7.2 a 8.5 y TSD de 70 a 285 mg/L.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): 28 Río San Pedro en Hacienda Atalaya (133608950), pH 7.0 a 9.1 y TSD 100 a 290; 29 Río Sensunapan a Acajutla (1335N08950W), pH 7.1 a 9.5 y TSD de 120 a 250.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): 31 Río Chilama en La Presa (1329N08920W), pH 7.3 a 8.4 y TSD 100 a 265; 33 Río Comalapa en San Luis (San Luis Talpa) (1328N08905E), pH 7.1 a 8.5 y TSD de 80 a 180 mg/L.</p> <p>Cuenca del río Jiboa (VIII): 36 Río Jiboa cerca de San Ramon (1341N08856W), pH 7.3 a 7.9 y TSD de 60 a 220 mg/L.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (IX): 37 Río Jalponga cerca de Santiago Nonhualco (1331N08857W), pH 7.2 a 8.2 y TSD de 70 a 295 mg/L.</p>		

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

Unidad de mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Calidad ³	Accesividad	Observaciones
2 Agua dulce perennemente disponible (continuación)	Cuencas de ríos en áreas costeras (IX): Río Jalponga (1322N08857W).				
3 Agua dulce perennemente disponible	<p>Cuenca del río Goascoran (II): Río Pasaquina (1332N08747W), Río Sirama (1327N08748W).</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): Río Grande (Río Anamoros) (1340N08748W), Río Gualabo (1338N08912W), Río San Esteban (1331N08811W), Río Taisihuat (1329N08809W).</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): Río Pasaquina (1332N08747W), Río Sirama (1327N08748W).</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): Río Grande (Río Anamoros) (1340N08748W), Río Gualabo (1338N08912W), Río San Esteban (1331N08811W), Río Taisihuat (1329N08809W).</p> <p>Cuenca del río Paz (IV): Río Chingo (1402N08944W).</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): Canales bajos del río Banderas (1332N08943W).</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): Río Apancoyo (1332N08940W), Río Puluuya (1333N08942W), Canales altos del río Comasagua (1329N08921W), canales altos del río El Jute (1329N08918W), canales altos del río San Antonio (1329N08917W), canales altos del río Chilama</p>	<p>Moderada a grandes cantidades están disponibles durante todo el año. Los ríos pueden producir enormes cantidades después de lluvias fuertes. Selectas estaciones de medición de arroyos con descargas mínimas registradas están listadas a continuación seguidas por su correspondiente unidades hidrográficas.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 3 Río Tahuilapa alrededor de 8 km corriente arriba de la desembocadura (1416N08924W), 1,140 L/min.</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): 20 Río Pasaquina en Pasaquina (1335N08750W), 600 L/min; 21 Río Sirama (Río Amatillo) en Siramita (1329N08752W), 3,800 L/min.</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel basin (III): 23 Río San Esteban en La Reforma (1332N08813W), 2,800 L/min; 24 Río Taisihuat cerca de Hato Nuevo (1331N08809W), 1,700 L/min.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): 30 Río Banderas cerca de la carretera litoral (1335N08944W), 3,500 L/min.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (IX): 38 Río El Guayabo (Río Bolsa) cerca de la desembocadura (1319N08847W), 3,240 L/min.</p>	<p>El agua es generalmente dulce con TSD <1,000 mg/L. Los ríos y los arroyos están biológicamente contaminados cerca de las áreas pobladas.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 3 Río Tahuilapa alrededor de 8 km corriente arriba de la desembocadura (1416N08924W), pH 7.4 a 8.1 y TSD de 70 a 230 mg/L.</p> <p>Cuenca del río Goascoran (II): 20 Río Pasaquina en Pasaquina (1335N08750W), pH 7.1 a 8.3 y TSD de 100 a 800 mg/L. 21 Río Sirama (Río Amatillo) en Siramita (1329N08752W), pH 7.2 a 8.5 y TSD 70 a 365 mg/L;</p> <p>Cuenca del río Grande de San Miguel (III): 24 Río Taisihuat cerca de Hato Nuevo (1331N08809W), pH 8.5 y TSD 275 mg/L.</p> <p>Cuencas de ríos en áreas costeras (VI): 30 Río Banderas cerca de la carretera litoral (1335N08944W), pH 8.1 a 9.5 y TSD de 310 a 520.</p>	<p>Acceso y desarrollo de puntos de agua son factibles en áreas pobladas y en planicies de inundación. Condiciones topográficas adversas que dificultan el acceso incluyen bancos empinados de ríos y lagos pronunciados y altos. Después de lluvias fuertes, los ríos suben rápidamente y corrientes rápidas y desperdicios flotantes pueden destruir el equipo de ingreso.</p>	<p>Se recomienda protección del equipo contra inundaciones y desechos.</p>

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

Unidad de mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Calidad ³	Accesividad	Observaciones
3 Agua dulce perennemente disponible (continuación)	(1329N08920W). Cuencas de ríos en áreas costeras (IX): 38 Río El Guayabo (Río Bolsa) (1319N08847W). Cuencas de ríos en áreas costeras (X): Río El Molino (1316N08827W).				
4 Agua dulce estacionalmente disponible	Ríos pequeños, lagos pequeños yafluentes. Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): Río Huiza (1327N08912W).	Moderadas a enormes cantidades están estacionalmente disponibles principalmente desde principios de Mayo hasta Octubre. Pero muy grandes a enormes cantidades pueden estar disponibles por unos pocos días después de fuertes lluvias. Las cantidades disminuyen a exiguas o pocas cuando los canales se secan durante la estación seca de Noviembre a Abril. Cuencas de ríos en áreas costeras (VII): 32 Río Huiza en Puente Litoral (1329N08912W), 120 L/min.	El agua es generalmente dulce, pero típicamente alta en concentración de sedimentos. Las fuentes pueden estar biológicamente contaminadas, especialmente cerca de las áreas densamente pobladas.	El acceso y el desarrollo de puntos de agua es generalmente difícil excepto en las cuencas y en las tierras bajas. Después de fuertes lluvias, los ríos suben rápidamente y corrientes fuertes y residuos flotantes pueden destruir el equipo de ingreso.	La protección del equipo en contra de inundaciones repentinas y de residuos es recomendada. Mantenimiento frecuente del equipo de ingreso a lo largo de canales que acarrean altas cargas de sedimento es recomendada para combatir la rápida sedimentación.
5 Agua dulce escasa o carente	Ríos intermitentes y arroyos en volcánes y en laderas pronunciadas de montañas.	Exiguas a pequeñas cantidades están disponibles desde principios de Mayo hasta Octubre. Los ríos y los canales de los arroyos están secos durante el resto del año.	El agua es generalmente dulce, con alto contenido de sedimento después de fuertes lluvias. Actividad volcánica puede resultar en un incremento de los TSD.	El acceso y el desarrollo de puntos de agua son difíciles. Condiciones topográficas adversas que impiden el acceso incluyen relieve pronunciado, falta de infraestructura de caminos y bancos pronunciados. Después de fuertes lluvias, los ríos suben rápidamente y corrientes fuertes y residuos flotantes pueden destruir el equipo de ingreso.	La protección del equipo en contra de inundaciones repentinas y de residuos es recomendada.
6 Agua dulce escasa o carente	Ríos peremnes, lagos, lagunas costeras y manglares. Cuenca del río Lempa (I): Lago de Coatepeque (1352N08933W). Cuenca del río Paz (IV): Río Agua Caliente (1403N08952W).	Moderada a enormes cantidades de agua salobre están disponibles durante de todo el año. Estaciones de medición de arroyos con descargas mínimas registradas, están dan a continuación seguidas por sus unidades hidrográficas correspondientes. Cuenca del río Paz (IV): 27 Río Agua Caliente (1403N08952W), 32,280 L/min.	En ríos peremnes y lagos, el agua es generalmente salobre con alto contenido de minerales provenientes de actividad hidrotermal. En lagunas y estuarios a lo largo de la costa del Pacífico, el agua es salobre o salina. El agua salobre en pantanos costeros es de una calidad pobre y contiene una gran cantidad de material orgánico, hierro y magnesio.	El acceso y el desarrollo de puntos de agua están influenciados por la topografía y la cubierta del suelo. Condiciones topográficas adversas que pueden impedir el acceso incluyen pendientes pronunciadas de los bancos de los ríos y Lagos. Después de fuertes lluvias, los	La protección de equipos del hundimiento de terreno ocasionado por inundaciones repentinas localizadas es recomendada.

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

Unidad de mapa (Vea Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad ²	Cualidad ³	Accesividad	Observaciones
6 Agua dulce escasa o carente (continuación)		<p>Cuenca del río Jiboa (VIII): 35 Río El Desague en Desague de Ilopango (salida de lago) (1340N08900W), 12,000 L/min; 34 Río Jiboa en Montecristo (1331N08859W), 53,400 L/min. Un lago importante, Lago de Ilopango (1340N08903W), almacena 26.8 Mm³.</p>	<p>Cuenca del río Lempa (I): Lago de Coatepeque (1352N08933W) a 1.5 m de profundidad, pH 8.4, cloruros de 494 mg/L, y temperatura de 35 °C.</p> <p>Cuenca del río Jiboa (VIII): 34 Río Jiboa en Montecristo (1331N08859W), pH 7.6 a 8.5; TSD comunmente 120 a 500 mg/L con un máxime de 1,165 mg/L. 35 Río El Desague en Desague de Ilopango (1340N08900W), pH 8.3 y TSD 1,540 mg/L, con altos niveles de boro, cloruro, sodio y potasio. Cuenca del Lago de Ilopango (1340N08903W) es de origen volcánico y tiene alto contenido mineral que afecta adversamente la calidad del agua.</p> <p>Cuenca del río Paz (IV): 27 Río Agua Caliente (1403N08952W); pH 8.0 y TSD 1,485 mg/L, con altos niveles de boro, cloruro, sodio y potasio.</p>	ríos suben rápidamente y corrientes fuertes y residuos flotantes pueden destruir el equipo de ingreso.	
7 Agua dulce escasa o carente	Cuenca del río Lempa (I): Río Acelhuate (1404N08908W).	<p>Muy grandes cantidades están disponibles durante todo el año. Pueden producir enormes cantidades después de lluvias fuertes. Una estación de medición con descargas mínimas registradas están listadas a continuación, seguidas por sus unidades hidrográficas.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 39 Río Acelhuate en la boca (1404N08908W), 174,000 L/min.</p>	<p>Aguas altamente contaminadas con importantes cantidades de químicos orgánicos. Los contaminantes no pueden ser removidos por sistemas de tratamiento de osmosis reversa. Las aguas están saturadas por altas concentraciones de evacuaciones domésticas e industriales y constituyen un peligro biológico.</p> <p>Cuenca del río Lempa (I): 39 Río Acelhuate en la boca (1404N08908W), pH 8.0 y TSD 305 mg/L.</p>	No aplicable	Deben tomarse precauciones para evitar el contacto con esta agua.

¹Los numeros de las cuencas de los ríos son presentados en numeros Romanos y mostrados en paréntesis. Estaciones de medida de corrientes son dadas en números Arábicos y presentados en letras mas oscuras.

Tabla A-1. Recursos de Agua de Superficie (Continuación)

²Términos cuantitativos:

Enorme	= >400,000 L/min (100,000 gal/min)
Muy grande	= >40,000 a 400,000 L/min (10,000 a 100,000 gal/min)
Grande	= >4,000 a 40,000 L/min (1,000 a 10,000 gal/min)
Moderado	= >400 a 4,000 L/min (100 a 1,000 gal/min)
Pequeño	= >40 a 400 L/min (10 a 100 gal/min)
Muy pequeño	= >4 to 40 L/min (1 a 10 gal/min)
Exiguo	= ≤4 L/min (1 gal/min)

³Términos cualitativos:

Agua dulce	= máximo TSD ≤1,000 mg/L; máximo cloruro ≤600 mg/L; y máximo sulfato ≤300 mg/L
Agua salobre	= máximo TSD >1,000 mg/L but ≤15,000 mg/L
Agua salina	= TSD >15,000 mg/L

Terminos de dureza:

Suave	= 0 a 60 mg/L CaCO ₃
Moderadamente duro	= 61 a 120 mg/L CaCO ₃
Duro	= 121 a 180 mg/L CaCO ₃
Muy duro	= >180 mg/L CaCO ₃

⁴Las coordenadas geográficas listan la latitud primero para el Hemisferio Norte (N) o Sur (S) y segundo la longitud para el Hemisferio Este (E) u Oeste (O). Por ejemplo:

Rio Acahuapa (1334N08839W)

Las coordenadas geográficas para el río Acahuapa que son dadas como 1334N08839W igualan a 13°34' norte 88°39' oeste y pueden ser escritas como la latitud de 13 grados y 34 minutos norte y una longitud de 88 grados y 39 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para localizar características en el mapa a escala del país. Las coordenadas son aproximadas.

Nota:

Ca	= calcio
CaCO ₃	= carbonato de calcio
gal/min	= galones por minuto
km	= kilometros
L/min	= litros por minuto
mg/L	= miligramos por litro
Mm ³	= millón de metros cúbicos
m ² /d	= metros cuadrados por día
NaCl	= sodio-cloridio
pH	= concentración hidrogeno-ion
TSD	= total de solidos disueltos

Tabla de conversión:

Para convertir	Multiplicar por	Para obtener
litros por minuto	0.264	galones por minuto
litros por minuto	15.852	galones por hora
litros por minuto	380.517	galones por día

Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea

Unidad de mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los acuíferos	Cantidad ¹	Calidad ²	Aspectos del desarrollo del agua subterránea	Observaciones
1 Agua dulce generalmente abundante	En su mayoría acuíferos volcánicos de la Era Pleistocena superior a la Era Reciente. Casi todas las áreas están en la Formación de San Salvador, la cual está en la superficie donde esté presente. Las volcánicas consisten de lavas basálticas relativamente no gastadas a andesíticas, fracturadas o brechiformes, interestratificada con polvo suelto a moderadamente compactado a piroclásticos de tamaño lapilli. Capas de aluvión intercaudal mayoritariamente grueso y pobremente disperso están presentes entre las capas volcánicas. Basaltos de escoria extremadamente permeable están localmente presentes en las laderas de los volcánes. Mayoritariamente los acuíferos no están confinados.	Moderada a muy grandes cantidades. La producción puede disminuir durante la estación seca de Noviembre a Abril. La producción es mayor en lavas altamente fracturadas o brechiformes y en piroclásticos granulados-grosos sueltos. La producción de capas aluviales de interflujos es de moderada a grande. Los niveles de agua disminuyen de 1 a 8 m durante la estación seca, con la reducción más importante en acuíferos brechiformes y fracturados. La transmitividad de la mayoría de los flujos de lava es de 100 a 500 m ² /d (8,000 a 40,000 gal/d/ft); la escoria de basalto son de hasta 10,000 m ² /d (800,000 gal/d/ft); piroclásticos son <100 m ² /d (8,000 gal/d/ft).	Dulce en la mayoría de las áreas. Agua subterránea y vertientes cerca de áreas geotermiales pueden ser salobres y tener una temperatura que oscila de 30 a 40° C. Acuíferos de fracturas o flujos de lava brechiformes son particularmente frías y susceptibles a contaminación. Ya que la mayoría de estos acuíferos no están confinados, el agua es transmitida rápidamente en la superficie con los sistemas de fracturas capaces de transportar la contaminación en todas las direcciones.	La profundidad al agua es de 10 a 100 m. Capas de piroclásticos sueltos pueden causar hoyos de diámetros sobredimensionados si perforación por aire es utilizada exclusivamente. Sulfatos cerca de los volcánes pueden causar problemas de corrosión. Altos bicarbonatos cerca de los volcánes pueden causar problemas de incrustaciones. Revestimiento de PVC no es recomendado debido a actividad sísmica.	Las áreas de piroclásticos varían, con áreas de depósitos gruesos siendo adecuados para todo, menos para pozos de irrigación de alta producción. Áreas de piroclásticas tamaño-polvo relativamente impermeable pueden ser sólo adecuadas para pozos con bombas manuales debido a la baja producción. Terremotos pueden dañar severamente pozos de revestimiento de acero. Las pendientes más pronunciadas de los volcánes que contienen a este acuífero no son adecuadas para la ubicación de pozos de agua.
2 Agua dulce generalmente abundante	Planicies costeras y acuíferos aluviales consisten de sedimentos no consolidados. Estratos de grava y arena dominan en los arroyos de valles y son muy comunes en las cuencas interiores y en las planicies costeras. Estratos de sedimento y barro son comunes en la planicie costera, menos común en los valles interiores y escasos todos los arroyos de los valles, excepto en los más anchos. Los acuíferos pueden estar confinados en las cuencas interiores y planicies costeras, mientras que en los otros lugares no están confinados. Son típicamente de 1 a 10 m de grosor en los valles más pequeños, de 10 a 30 m de grosor en valles más grandes y de 10 a 1, 500 m de ancho en las planicies costeras, aumentando el ancho hacia el océano. Sedimentos consolidados, flujos de lava y piroclásticos están por abajo de los acuíferos.	Moderadas a grandes cantidades. Los niveles de agua disminuyen de 1 a 8 m durante la estación seca desde Noviembre a Abril. Las bajas más grandes ocurren al final de la estación seca y en las elevaciones más altas arriba de las corrientes peremnes. Son moderados a grandes en la planicie costera del oeste (1335N08945W) ³ ; algunas moderadas pero mayoritariamente grandes producciones están disponibles desde la planicie costera central (1324N08850W). La transmitividad es de 200 a 500 m ² /d (16,000 a 40,000 gal/d/ft). Pequeñas a moderadas cantidades. Las cantidades disminuyen y la profundidad al agua aumenta durante la estación seca de Noviembre a Abril.	Dulce en la mayoría de las áreas. TSD son de 250 a 1,000 mg/L pero puede incrementar con la profundidad cerca de las áreas geotermiales activas. Pozos de gran capacidad cerca de la costa pueden inducir la intrusión de agua salada. La contaminación biológica es común en agua subterránea de poca profundidad cerca de los arroyos y acuíferos. Contaminación de pesticidas es posible cerca de los campos de algodón.	La profundidad al agua es de 2 a 50 m, incrementando con la elevación sobre las corrientes peremnes. El acceso es generalmente bueno. Depósitos de grava muy gruesa y material en forma de piedras redondas pueden causar pérdida excesiva de los fluidos de perforación. Intrusión de agua salada a lo largo de la costa aumentan a medida que avanza la estación seca.	La mayoría de las áreas de las planicies costeras son adecuadas para todos los tipos de pozos. Todos los acuíferos aluviales son adecuados para pozos de agua manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos. Sólo acuíferos aluviales lo largo de los ríos más grandes son adecuados para pozos municipales y de irrigación.

Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea (Continuación)

Unidad de mapa (Vea Fig. A-2)	Características del acuífero	Cantidad ¹	Calidad ²	Aspectos del desarrollo de agua subterránea	Observaciones
3 Agua dulce localmente abundante	Mayoritariamente acuíferos volcánicos de la Era Pleistocena baja en la Formación de Cuscatlan. Consiste de capas alternadas de basaltos moderadamente desgastados a lavas andesíticas interestratificadas con suaves a altamente compactados Piroclásticos y aluviones no consolidados. Las capas de aluvión inter-caudal son mayoritariamente gruesas de 10 a 15 m de espesor. Los acuíferos mayoritariamente no están confinados pero pueden estarlo en parte.	Transmitividad en lavas es de <math><100\text{ m}^2/\text{d}</math> (8,000 gal/d/ft); Piroclástico son <math><50\text{ m}^2/\text{d}</math> (4,000 gal/d/ft). Las mejores áreas están en la base de los volcánes o en las zonas de grandes fracturas. La orientación de fractura dominante es de NO-SE. Las capas de aluvión intercaudal de los mejores acuíferos.	Dulce en la mayoría de las áreas. TSD es de 250 a 500 mg/L en la mayoría de la área, pero puede ser localmente salobre cerca de las áreas geotermales. Agua caliente de alore a salina es posible en los pozos mas profundos en las áreas geotermalmente activas. TSD y la temperatura aumenta rápidamente con la profundidad de pozo. La contaminación biológica es común en acuíferos de poca profundidad.	Profundidad al agua es de 1 a 200 m. El acceso varía desde fácil a moderadamente difícil. La mayoría de las áreas están en planicies o áreas moderadamente inclinadas. Problemas de encrustación y corrosión Son posibles. Revestimiento de PVC no es recomendable debido a la actividad sísmica. Intrusión de agua salada a lo largo de la costa aumenta al avanzar la estación seca.	Casi todas las áreas son adecuadas para pozos de agua manuales. Muchas áreas son adecuadas para pozos tácticos. Ubicaciones en grandes fracturas o en la base de los volcánes pueden ser adecuadas para Abastecimiento municipal o pozos de irrigación.
4 Agua dulce localmente abundante	En su mayoría acuíferos volcánicos de las Eras Pliocena y Eras anteriores. Consisten en lava basáltica a andesítica altamente desgastadas y piroclásticos compactados y alterados. Los acuíferos generalmente no están confinados.	Muy pequeñas a cantidades moderadas locales. Las cantidades disminuyen y la profundidad al agua aumenta durante la estación seca de Noviembre a Abril. Transmisividad es <math><10\text{ m}^2/\text{d}</math> (800 gal/d/ft). Mayores producciones están disponibles localmente de grandes fracturas. La orientación de la fractura dominante es de NO-SE.	Dulce en casi todas las áreas.	Profundidad al agua es de 1 a 200 m. El acceso es difícil debido a las pronunciadas laderas, valles angostos escabrosos y a la falta de caminos adecuados.	Muchos fondos de valles y todos los conjuntos de fracturas son adecuados para pozos de bombas manuales. La mayoría de las áreas no son adecuadas para otro tipo de pozos.
5 Agua dulce escasa o carente	Mayoritariamente acuíferos volcánicos del Pleistoceno Alto a la Era Reciente. Acuíferos aislados de poca profundidad son comunes en elevaciones bajas. Los acuíferos están compuestos de lavas basálticas a andesíticas frescas, las cuales están típicamente fracturadas, brequiadas, interestratificadas con estratas de piroclásticas gruesas. Escorias de basaltos también están presentes. Areas de la Formación de San Salvador está dominada por la recarga y rápido flujo del agua subterránea disponible. Agua subterránea regional no está confinada, con muchos acuíferos pequeños posados.	Pequeñas a moderadas cantidades de la tabla regional de agua subterránea. Exiguas cantidades son posibles de acuíferos aislados de poca profundidad. Los niveles de agua pueden declinar 5 m durante la estación seca de Noviembre a Abril. La mayoría de los acuíferos posados son estacionales.	La tabla de agua subterránea regional es probablemente salobre; sin embargo, mayor información es inexistente. Acuíferos aislados de poca profundidad por arriba del agua subterránea regional es dulce, pero la contaminación biológica es común a poca profundidad. Agua salobre para plantas geotermales tales como aquellas cercanas a Berlin (1330N08832W) y al sur de Ahuachupan (1355N08951W) pueden contaminar agua subterránea de aun menor profundidad.	La profundidad al agua subterránea regional es generalmente >100 m, con poca profundidad en las elevaciones más bajas. El acceso es difícil debido a pendientes muy pronunciadas y en algunas ocasiones inestables y la falta de caminos adecuados. Las capas de piroclásticos sueltos pueden causar hoyos sobredimensionados si se utiliza exclusivamente perforación por aire. Zonas altamente permeables pueden causar pérdidas excesivas de los fluidos de perforación. Existe posibilidad de problemas de encrustación y corrosión. Cubiertas de PVC no son recomendadas debido a la actividad sísmica.	Grandes acuíferos aislados en elevaciones bajas pueden ser adecuados para pozos de bombas manuales. Los pozos en áreas aisladas son probables de ser estacionales. Generalmente inadecuados para otros tipos de pozos.

Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea (Continuación)

Unidad de mapa (Vea Fig. A-2)	Características del acuífero	Cantidad ¹	Calidad ²	Aspectos del desarrollo de agua subterránea	Observaciones
5 Agua dulce escasa o carente (continuación)				La actividad geotermal existe en la mayoría de las áreas y la actividad volcánica es posible en algunas de las áreas.	
6 Agua dulce escasa o carente	Mayoritariamente rocas volcánicas consistentes de basálticas gastadas a andesíticas extrusivas e intrusivas del Plioceno y Eras anteriores. Algunas áreas en la vecindad de Metapan (1420N08927W) están compuestas de rocas sedimentarias finas a granos-medios.	Exiguas a pequeñas cantidades de agua subterránea está disponible. Grandes fracturas producen las más altas cantidades. La orientación dominante de las fracturas es NO-SE.	El agua subterránea es dulce en casi todas las áreas. Contaminación biológica es común en Acuíferos aislados cerca de villas.	Profundidad al agua es de 3 a 150 m. El acceso es difícil en la mayoría de las áreas debido al terreno escabroso y a la falta de caminos adecuados. Existe la posibilidad de problemas de encrustación y corrosión.	La mayoría de las áreas no son adecuadas para pozos de bombas manuales o tácticos, excepto donde fracturas puedan ser interceptadas en la perforación.
7 Agua dulce escasa o carente	Mayoritariamente rocas volcánicas consistentes de basálticos desgastados a lavas andesíticas y piroclásticas de la Era Pliocena y Eras anteriores. Los acuíferos tienen muy baja permeabilidad. La recarga de los acuíferos es pobre, ya que la mayoría de las áreas están localizadas en elevaciones más altas que las corrientes perennes.	Exiguas a pequeñas cantidades de agua subterránea están disponibles.	El agua subterránea es dulce en casi todas las áreas.	La profundidad al agua es >150 m. El acceso es difícil en la mayoría de las áreas a causa del terreno escabroso y a la falta de caminos adecuados.	La mayoría de las áreas no son adecuadas para pozos a causa de la producción insuficiente y la excesiva profundidad.
8 Agua dulce escasa o carente	Los acuíferos en la planicie costera consisten de arena no consolidada, cieno y arcillas. Las áreas cerca del Lago Ilopango (1340N08903W) y del Lago Coatepeque (1352N08933W) consisten en volcánicas frescas a desgastadas que están cubiertas en algunas ubicaciones por 1 a 10 m de arenas no consolidadas, cieno y arcillas. Al norte de la planicie costera, el Valle del Río Jiboa (1322N08904W) contiene un angosto acuífero aluvial con agua salobre. Las áreas afectadas están adyacentes a los ríos y generalmente <10 m por encima de los niveles de los ríos.	Exigua a grandes cantidades de agua salobre a salina dentro de 2 km del océano, especialmente donde las elevaciones de la superficie son <10 m por encima del promedio del nivel del mar.	Cerca del Río Jiboa, el agua salobre es relativamente alta en sulfatos, cloruros y bicarbonatos y es muy alcalina, con un pH de hasta 8.6. El agua salina es predominante cerca del Lago Ilopango y el Lago Coatepeque. La química del agua subterránea a lo largo de la costa es similar a la química del agua del océano.	La profundidad al agua es de <20 m en todas las áreas donde al agua salobre a salina existe. El acceso puede ser difícil cerca de los manglares a causa de terrenos pantanosos húmedos. El acceso cercano al Lago Ilopango y al Lago Coatepeque es difícil a causa de lo escabroso del terreno y a la falta de caminos adecuados.	Todas las áreas no son adecuadas para los pozos a causa del agua salobre o salina. La mayoría de las áreas serían adecuadas para pozos tácticos o de bombas manuales con desalinización.
9 Agua dulce escasa o carente	La mayoría de los acuíferos aluviales consistentes de arenas no consolidadas, cieno, y arcillas; sin embargo, una variedad de características de acuíferos existen. La unidad es delineada sobre la base de una calidad de agua pobre. La recarga proviene del altamente contaminado Río Acelhuate (1403N08908W).	Moderadas a grandes cantidades de agua subterránea están disponibles.	El agua está severamente contaminada por compuestos orgánicos. El agua no puede ser tratada con seguridad por tecnología de ósmosis inversa.	La exploración de agua subterránea no es recomendada.	Perforación no es aconsejable y la instalación de cualquier tipo de pozos no es aconsejada.

Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea (Continuación)

¹Terminos cuantitativos:

Enorme	= >400,000 L/min (100,000 gal/min)
Muy grande	= >40,000 a 400,000 L/min (10,000 a 100,000 gal/min)
Grande	= >4,000 a 40,000 L/min (1,000 a 10,000 gal/min)
Moderado	= >400 a 4,000 L/min (100 a 1,000 gal/min)
Pequeño	= >40 a 400 L/min (10 a 100 gal/min)
Muy pequeño	= >4 a 40 L/min (1 a 10 gal/min)
Exiguo	= ≤4 L/min (1 gal/min)

²Terminos cualitativos:

Agua dulce	= máximo TSD ≤1,000 mg/L; máximo cloruros ≤600 mg/L; and máximo sulfatos ≤300 mg/L
Agua salobre	= máximo TSD >1,000 mg/L but ≤15,000 mg/L
Agua salina	= TSD >15,000 mg/L

Terminos de dureza:

Suave	= 0 a 60 mg/L CaCO ₃
Moderadamente duro	= 61 a 120 mg/L CaCO ₃
Duro	= 121 a 180 mg/L CaCO ₃
Muy duro	= >180 mg/L CaCO ₃

³Las coordenadas geográficas listan la latitud primero para el hemisferio norte (N) o sur (S) y segundo la longitud para el hemisferio este (E) u oeste (O). Por ejemplo:

La Union (1320N08751W)

Las coordenadas geográficas para La Union que son dadas como 1320N08751W igualan 13°20' norte 87°51' oeste y pueden ser escritas como la latitud de 13 grados y 20 minutos norte y una longitud de 87 grados y 51 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para localizar características en el mapa a escala del país. Las coordenadas son aproximadas.

Nota:

CaCO ₃	= carbonato de calcio
gal/min	= galones por minuto
gal/d/ft	= galones por día por pie
km ²	= kilometros cuadrados
L/min	= litros por minuto
m ² /d	= metros cuadrados por día
mg/L	= miligramos por litro
Mm ³	= millón de metros cúbicos
PVC	= polivinilo cloruro
TSD	= total de sólidos disueltos

Tabla de conversión:

Para convertir	Multiplique	Para obtener
litros por minuto	0.264	galones por minuto
litros por minuto	15.852	galones por hora
litros por minuto	380.517	galones por día

Figure A-1. Surface Water Resources



SURFACE WATER RESOURCES

- Map unit
- 1** FRESH WATER PERENNIALY AVAILABLE
Very large to enormous quantities from major streams, lakes, and reservoirs year-round.
 - 2** Large to enormous quantities from medium-sized streams from early May through October; large to very large quantities during the rest of the year.
 - 3** Moderate to enormous quantities from smaller streams from early May through October; moderate to large quantities during the rest of the year.
 - 4** FRESH WATER SEASONALLY AVAILABLE
Moderate to enormous quantities from small intermittent streams from early May through October; predominately dry during the rest of the year.
 - 5** FRESH WATER SCARCE OR LACKING
Small to large quantities from ephemeral or intermittent streams from early May through October; streams are predominately dry during the rest of the year.
 - 6** Very large to enormous quantities of brackish to saline water available from streams, lakes, coastal lagoons, and mangrove swamps year-round.
 - 7** Highly contaminated water. Presence of high levels of organic chemicals render water untreatable by reverse osmosis processes.
- 38▲ Stream gaging station
- RIVER BASINS**
- I** Rio Lempa basin
 - II** Rio Goascoran basin
 - III** Rio Grande de San Miguel basin
 - IV** Rio Paz basin
 - V** Coastal area between Rio Cara Sucia and Rio Copinula
 - VI** Coastal area between Rio Sensunapan and Rio Banderas
 - VII** Coastal area between Rio Pululuya and Rio Comalapa
 - VIII** Rio Jiboa basin
 - IX** Coastal area between Rio Jalponga and Rio El Guayabo
 - X** Coastal area between Rio El Potrero and Rio Juara
 - XI** Coastal area between Rio Grande de San Miguel and Rio Sirama
- River basin boundary

Note: Map unit and stream gaging station numbers correspond to entries in **Table A-1**.

RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL

AGUA DULCE PERENNEMENTE DISPONIBLE

- Unidad 1** Muy grandes a enormes cantidades disponibles de ríos principales, lagos, y embalses durante todo el año.
- 2** Grandes a enormes cantidades disponibles de ríos secundarias desde principios de mayo hasta octubre, y grandes a muy grandes cantidades disponibles durante el resto del año.
- 3** Moderadas a enormes cantidades disponibles de ríos chicos desde principios de mayo hasta octubre, y moderadas a grandes cantidades disponibles durante el resto del año.

AGUA DULCE ESTACIONALMENTE DISPONIBLE

- 4** Moderadas a enormes cantidades disponibles de rillitos intermitentes desde principios de mayo hasta octubre, condiciones generalmente secas durante el resto del año.

AGUA DULCE ESCASA O DEFICIENTE

- 5** Moderadas a enormes cantidades disponibles de arroyos efimeros y rillitos intermitentes desde principios de mayo hasta octubre, condiciones generalmente secas durante el resto del año.
- 6** Muy grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina disponibles de ríos, lagos, lagunas costeras y en manglares durante todo el año.
- 7** Agua muy contaminada. No se puede remediar con tratamiento de osmosis reversible por altos niveles de quimicos organicos.

- 38▲ Estación de Aforo Fluvial
- CUENCAS FLUVIALES:**
- I** Río Lempa
- II** Río Guascorán
- III** Río Grande de San Miguel
- IV** Río Paz
- V** Area costera entre los rios Cara Sucia y Copinula
- VI** Area costera entre los rios Sensunapan y Banderas
- VII** Area costera entre los rios Pululuya y Comalapa
- VIII** Río Jiboa
- IX** Area costera entre los rios Jalponga y El Guayabo
- X** Area costera entre los rios El Potrero y Juara
- XI** Area costera entre los rios Grande de San Miguel y Sirama
- Límite de cuenca

Nota: Unidades numeradas del mapa refieren a los apuntes en cuadro No. A-1.

Términos Cuantitativos:

- Enormes = >400,000 litros por minuto (L/min) (100,000 gal/min)
- Muy grandes = >40,000 a 400,000 L/min (10,000 a 100,000 gal/min)
- Grandes = >4,000 a 40,000 L/min (1,000 a 10,000 gal/min)
- Moderadas = >400 a 4,000 L/min (100 a 1,000 gal/min)
- Pequeñas = >40 a 400 L/min (10 a 100 gal/min)
- Muy pequeñas = >4 a 40 L/min (1 a 10 gal/min)
- Minúsculas = <4 L/min (1 gal/min)

Términos Cualitativos:

- Agua dulce = maximo total de sólidos disueltos (TDS) <1,000 miligramos por litro (mg/L); maximo de cloruros <600 mg/L; y maximo de sulfatos <300 mg/L
- Agua salobre = maximo TDS >1,000 mg/L pero <15,000 mg/L
- Agua salina = TDS >15,000 mg/L

Tabla de Conversión:

Para Convertir	Multiplicar Por	Para Obtener
L/min	0.264	galones por minuto
L/min	15.852	galones por hora
L/min	380.517	galones por día

Quantitative Terms:

- Enormous = >400,000 liters per minute (L/min) (100,000 gal/min)
- Very large = >40,000 to 400,000 L/min (10,000 to 100,000 gal/min)
- Large = >4,000 to 40,000 L/min (1,000 to 10,000 gal/min)
- Moderate = >400 to 4,000 L/min (100 to 1,000 gal/min)
- Small = >40 to 400 L/min (10 to 100 gal/min)
- Very small = >4 to 40 L/min (1 to 10 gal/min)
- Meager = ≤4 L/min (1 gal/min)

Qualitative Terms:

- Fresh water = maximum total dissolved solids (TDS) <1,000 mg/L; maximum chlorides <600 mg/L; and maximum sulfates <300 mg/L
- Brackish water = maximum TDS >1,000 mg/L but <15,000 mg/L
- Saline water = TDS >15,000 mg/L

Conversion Chart:

To Convert	Multiply By	To Obtain
L/min	0.264	gallons per minute
L/min	15.852	gallons per hour
L/min	380.517	gallons per day

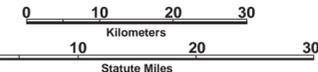
Figure A-2. Ground Water Resources



El Salvador

- International boundary
- - - Department boundary
- National capital
- Populated place

Approximate scale 1:750,000



GROUND WATER RESOURCES

- FRESH WATER GENERALLY PLENTIFUL**
- 1** Moderate to very large quantities from lava flows, loose pyroclastics and interflow alluvium. Aquifers are mostly unconfined. Depth to water is 10 to 100 m.
 - 2** Moderate to large quantities from unconsolidated alluvium. Aquifers are mostly unconfined. Depth to water is 2 to 50 m.
- FRESH WATER LOCALLY PLENTIFUL**
- 3** Small to moderate quantities from weathered lavas and compacted pyroclastics. Aquifers are mostly unconfined. Depth to water is 1 to 200 m.
 - 4** Very small to moderate quantities from lavas and compacted pyroclastics. Aquifers are mostly unconfined. Depth to water is 1 to 200 m.
- FRESH WATER SCARCE OR LACKING**
- 5** Small to locally moderate quantities from lavas and pyroclastics from regional ground water at depths >100 m. Meager quantities available from perched, mostly seasonal aquifers. Regional aquifer is unconfined; perched aquifers are unconfined and confined.
 - 6** Meager to small quantities from fine- to medium-grained sedimentary rocks in some areas near Metapan and from weathered lavas and pyroclastics elsewhere. Depth to water is 3 to 150 m.
 - 7** Meager to small quantities from weathered lavas and pyroclastics. Depth to water is >150 m.
 - 8** Meager to large quantities of brackish to saline water from unconsolidated alluvium in the Pacific coastal plain and from volcanic rocks elsewhere. Areas away from the Pacific coastal plain may have elevated levels of chloride, sulfate, or bicarbonates. Depth to water is <20 m.
 - 9** Moderate to large quantities of severely contaminated water unfit for treatment available mainly from alluvial aquifers. Ground water is not recommended for use.

Note: Map unit numbers correspond to entries in Table A-2.

Quantitative Terms:
 Enormous = >400,000 liters per minute (L/min) (100,000 gal/min)
 Very large = >40,000 to 400,000 L/min (10,000 to 100,000 gal/min)
 Large = >4,000 to 40,000 L/min (1,000 to 10,000 gal/min)
 Moderate = >400 to 4,000 L/min (100 to 1,000 gal/min)
 Small = >40 to 400 L/min (10 to 100 gal/min)
 Very small = >4 to 40 L/min (1 to 10 gal/min)
 Meager = <4 L/min (1 gal/min)

Qualitative Terms:
 Fresh water = maximum total dissolved solids (TDS) <1,000 mg/L; maximum chlorides <600 mg/L; and maximum sulfates <300 mg/L
 Brackish water = maximum TDS >1,000 mg/L but <15,000 mg/L
 Saline water = TDS >15,000 mg/L

Conversion Chart:

To Convert	Multiply By	To Obtain
L/min	0.264	gallons per minute
L/min	15.852	gallons per hour
L/min	380.517	gallons per day

RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA

- AGUA DULCE GENERALMENTE ABUNDANTE**
- 1** Moderadas a grandes cantidades de agua dulce de flujos lávicos, y piroclásticas sueltas intercaladas con aluviones. Acuíferos generalmente no confinados. Niveles estaticos de agua son de profundidades entre 10 a 100 metros.
 - 2** Moderadas a grandes cantidades de agua dulce de aluviones no consolidados. Acuíferos generalmente no confinados. Niveles estaticos de agua son de profundidades entre 2 a 50 metros.
- AGUA DULCE LOCALMENTE ABUNDANTE**
- 3** Pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce de lavas descompuestas y piroclásticas compactas. Acuíferos generalmente no confinados. Niveles estaticos de agua son de profundidades entre 1 a 200 metros.
 - 4** Muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce de lavas y piroclásticas compactas. Acuíferos generalmente no confinados. Niveles estaticos de agua son de profundidades entre 1 a 200 metros.

AGUA DULCE ESCASA O DEFICIENTE

- 5** Pequeñas a localmente moderadas cantidades de agua dulce provenientes de acuíferos regionales que consisten de lavas y piroclásticas no confinadas. Niveles estaticos de agua son de profundidades que exceden 100 metros. Escasas cantidades disponibles intermitentemente de acuíferos perchados, confinados y no confinados.
- 6** Escasas a pequeñas cantidades de agua dulce. Son provenientes de rocas sedimentarias compuestas de granos finos hasta medianos en areas cerca de Metapan, y de lavas descompuestas y piroclásticas en otros lugares. Niveles estaticos de agua son de profundidades entre 3 a 150 metros.
- 7** Escasas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de lavas descompuestas y piroclásticas. Niveles estaticos de agua son de profundidades que exceden 150 metros.
- 8** Escasas a grandes cantidades de agua salobre o salina provenientes de aluviones de la planicie costera del Pacifico y de rocas volcanicas en otros lugares. Areas fuera de la planicie costera del Pacifico se pueden contener altos niveles de cloruros, sulfatos, o bicarbonatos. Niveles estaticos de agua son de profundidades menos de 20 metros.
- 9** Moderadas a grandes cantidades de agua peligrosamente contaminado de aluviones. No se recomienda el uso ni el tratamiento de este agua.

Términos Cuantitativos:
 Enormes = >400,000 litros por minuto (L/min) (100,000 gal/min)
 Muy grandes = >40,000 a 400,000 L/min (10,000 a 100,000 gal/min)
 Grandes = >4,000 a 40,000 L/min (1,000 a 10,000 gal/min)
 Moderadas = >400 a 4,000 L/min (100 a 1,000 gal/min)
 Pequeñas = >40 a 400 L/min (10 a 100 gal/min)
 Muy pequeñas = >4 a 40 L/min (1 a 10 gal/min)
 Escasas = <4 L/min (1 gal/min)

Términos Cualitativos:
 Agua dulce = maximo de totalidad de sólidos disueltos (TDS) <1,000 miligramos por litro (mg/L); maximo de cloruros <600 mg/L; y maximo de sulfatos <300 mg/L
 Agua salobre = maximo TDS >1,000 mg/L pero <15,000 mg/L
 Agua salina = TDS >15,000 mg/L

Tabla de Conversión:

Para Convertir	Multiplicar Por	Para Obtener
L/min	0.264	galones por minuto
L/min	15.852	galones por hora
L/min	380.517	galones por día

Nota: Unidades numeradas del mapa refieren a los apuntes en Cuadro No. A-2.