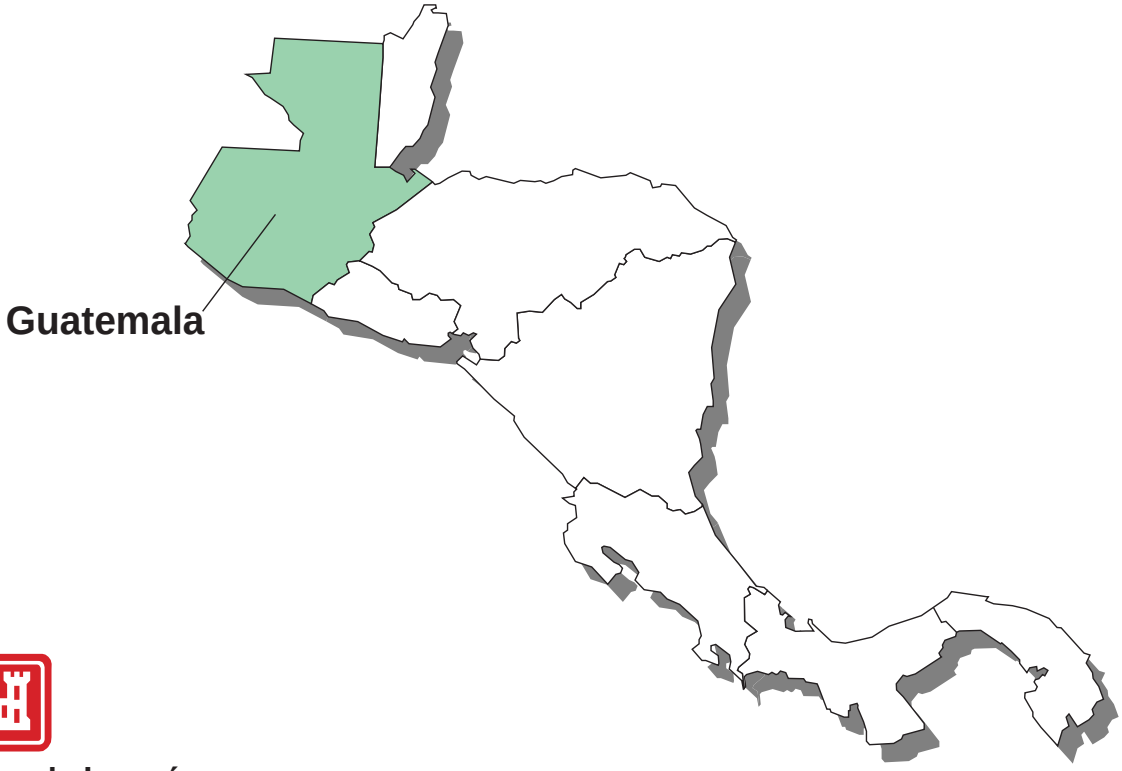
Evaluación de Recursos de Agua de Guatemala



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

JUNIO 2000

Resumen Ejecutivo

Guatemala posee abundancia de agua, con 18 ríos principales que se originan en las partes altas de los volcanes. Debido a la lluvia y a la abundancia de recursos de agua, existe la cantidad de agua necesaria para cubrir la demanda, sin embargo, no hay un buen manejo de los recursos para desarrollar y mantener los requerimientos de suministro de agua. Los recursos de agua se ven agotados por el aumento de la demanda, la cual se ha desarrollado hasta llegar a una situación crítica. Este agotamiento se debe en parte a una distribución desigual de la población; las áreas más densamente pobladas son las regiones donde la disponibilidad de agua es baja debido a la altura o a un déficit de lluvia. La ciudad de Guatemala viene a ser un ejemplo típico. Lo contrario ocurre donde los recursos de agua son abundantes.

Actualmente no existe una ley que controle el uso y abuso de las vías nacionales de suministro de agua, como resultado, los ríos están siendo usados para disponer de los desechos. No hay una autoridad que controle los recursos de agua, sin embargo, se está proponiendo la formación en este año de una comisión nacional para agua potable y sanitacion. Existen comisiones para otros sectores tales como el sector agrícola, electricidad, medio ambiente y salud, pero no la hay para el suministro de agua. Se debe crear una Comisión Nacional para agua potable y también una ley práctica, completa y que pueda ser implementada con el fin de gobernar y proteger los recursos de agua de la nación.

El porcentaje de la población que tiene acceso al agua potable y servicios de sanitación es extremadamente bajo. En 1994, se estimó que el 54 por ciento de la población tenia acceso a servicios de agua potable y 49 por ciento a servicios de sanitación. La mayoría de las áreas rurales no poseen sistemas convencionales de aguas negras sino solamente letrinas. Las enfermedades causadas por la contaminación del agua se han diseminado. De todos los países de Centro América, Guatemala tiene el índice más alto de mortalidad infantil, esto se debe en gran parte a la contaminación del agua.

La contaminación de los recursos de agua representa un gran problema. A lo largo de todo el país prevalece la contaminación del agua superficial y de aguas subterráneas poco profundas. Las aguas negras provenientes del sector doméstico y los flujos agrícolas ocasionan la contaminación biológica del agua cerca y corriente abajo de las áreas populosas. El tratamiento de las aguas negras es mínimo. Existen numerosas plantas para tratamiento de aguas negras pero muy pocas, o quizás ninguna está funcionando. Como resultado, el agua superficial está cargada de heces particularmente en las áreas densamente pobladas, y la mayoría no es apta para usarse en el suministro de agua. Muchos ríos se consideran severamente contaminados entre los que están el Río Motagua, Río Villalobos, Río Michatoya, Río Las Vacas y Río Samala. El Lago de Amatitlán, al sur de la ciudad de Guatemala, recibe el 50 por ciento de las aguas negras de la ciudad de Guatemala a través del Río Villalobos por lo tanto está severamente contaminado. Se considera que el lago de Amatitlán es un lago “muerto”, sin embargo, la primera agencia nacional para la administración de las cuencas, “Autoridad para el Manejo Sostenible de las Cuencas y del Lago de Amatitlán” está trabajando para salvarlo.

La deforestación ha contribuido a alterar la dinámica del ciclo hidrológico. Este es un problema muy serio en Guatemala que tiene consecuencias devastadoras para el medio ambiente. Las leyes existentes sobre la deforestación son difíciles de hacer cumplir. La deforestación causa sedimentación que se transporta en las vías de agua reduciendo así la cantidad de agua superficial disponible. Por los últimos 40 años, la disponibilidad de agua superficial ha disminuido de un 60 a 70 por ciento, principalmente esto se debe a la deforestación y alincremento de la población. Muchos ríos, inclusive los principales, están secos durante Marzo y Abril.

Como resultado de la disminución en el suministro de agua superficial y debido a la contaminación, se confía en el agua subterránea para que proporcione más agua en el futuro.

Sin embargo, muchos acuíferos poco profundos se están contaminando debido a la contaminación superficial, esto está causando la dependencia de pozos y fuentes de agua más profundas para proporcionar agua potable.

No se tiene información hidrológica del país, particularmente desde mediados de 1980 que fue cuando la recopilación de esta información disminuyó notablemente. Se necesita la información para resolver problemas de recursos de agua y para discutir asuntos sobre necesidades urgentes. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Metereología e Hidrología, está llevando a cabo esfuerzos para reparar la red de estaciones de aforo fluvial.

Si se adoptan las recomendaciones para el manejo de las cuencas, si se llevan a cabo esfuerzos para reducir la entrada de desechos no tratados en las vías de agua y si se establece una comisión para el suministro de agua y sanitación, entonces se podrán llevar a cabo acciones positivas, inmediatas y se podrán llevar a cabo beneficios de largo plazo.

Prefacio

La oficina de Ingenieros del Comando Sur de los Estados Unidos comisionó al Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos, Oficina del Distrito de Mobile, Alabama y al Centro Topográfico del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos en Alexandria, Virginia para llevar a cabo una evaluación de los recursos de agua de Guatemala. Esta evaluación tiene dos objetivos: (1) proporcionar a los planificadores militares norteamericanos con información precisa para la planificación de varios ejercicios conjuntos de entrenamiento militares y ejercicios de ingeniería para proporcionar Asistencia Humanitaria Cívica; y (2) proporcionar un análisis de los recursos de agua existentes de Guatemala e identificar algunas oportunidades disponibles, haciéndolas del conocimiento del Gobierno de Guatemala para maximizar el uso de los recursos.

Un grupo de especialistas en recursos de agua provenientes del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada, Distrito de Mobile y del Centro Topográfico de la Fuerza Armada de los Estados Unidos, cuyos nombres damos a continuación, llevaron a cabo las investigaciones de los recursos de agua en 1999 y subsecuentemente prepararon este reporte.

Thomás R. Spillman,
Hidrólogo Centro Topográfico
Teléfono: (703) 428-7869
Fax: (703) 428-6991
thomas.r.spillman@usace.army.mil

Thomás C. Webster,
Hidrólogo Centro Topográfico
Teléfono: (703) 428-6891
Fax: (703) 428-6991
thomas.c.webster@usace.army.mil

Humberto Alas, Ingeniero Civil
Distrito de Mobile
Teléfono: (503) 288-3329
Fax: (503) 288-3330
ambrogic@embsansal.usinfo.org.sv

Laura Waite,
Geóloga y Gerente del Reporte,
Distrito de Mobile
Teléfono: (334) 690-3480
Fax: (334) 690-2674
laura.e.waite@sam.usace.army.mil

James Buckalew,
Ing. Recursos de Agua,
Distrito de Mobile
Teléfono: (334) 694-3863
Fax: (334) 690-2727
james.o.buckalew@sam.usace.army.mil

Contenido

Título **Página**

Resumen Ejecutivo i
Prefacio iii
Contenido v
Lista de Acronimos y Abreviaciones viii
Lista de Nombre de Lugares x

I. Introducción 1

II. Perfiles del País 2
A. Geografía 2
B. Población e Impactos Sociales 3
C. Economía 4
D. Control de Inundaciónes 4
E. Marco Legislativo 5

III. Usos Actuales de los Recursos de Agua 5
A. Suministro de Agua 5
1. Usos Domésticos y Necesidades 6
2. Usos y Necesidades Industriales/Comerciales 7
3. Usos y Necesidades Agrícolas 7
B. Energía Hidroelectricía y Geotermica 8
C. Red de Estaciones de Aforo Fluvial 8
D. Transporte en Vías Navegables 9
E. Recreación 9

IV. Recursos de Agua Existentes 9
A. Recursos de Agua Superficial 9
1. Precipitación y Clima 10
2. Cuencas de Drenaje 10
3. Lagos y Pantanos 12
4. Deforestación 13
5. Manejo de la Cuenca del Lago de Amatitlán 14
B. Recursos de Agua Subterránea 14
1. Definición y Características de un Acuífero 15
2. Hidrogeología 16
C. Calidad del Agua 18
1. Agua Superficial 18
2. Agua Subterránea 19

V. Resumen de los Recursos de Agua por Departamento 19
A. Introducción 19
B. Condiciones de Agua por Unidad de Mapa 19
C. Condiciones del Agua por Departamento 20
Departamento de Alta Verapaz 22
Departamento de Baja Verapaz 23
Departamento de Chimaltenango 24
Departamento de Chiquimula 25
Departamento de El Progreso 26
Departamento de Escuintla 27

Contenido (Continuación)

Título **Página**

Departamento de Guatemala 29
Departamento de Huehuetenango 31
Departamento de Jalapa 34
Departamento de Jutiapa 35
Departamento de Petén 36
Departamento de Quiche 39
Departamento de Sacatepequez 42
Departamento de San Marcos 43
Departamento de Santa Rosa 45
Departamento de Solola 46
Departamento de Suchitepequez 47
Departamento de Totonicapan 48
Departamento de Zacapa 49

VI. Recomendaciones 50
A. Generalidades 50
B. Manejo y Política del los Recursos Nacionales de Agua 50
1. Comisión Nacional del Agua 50
2. Ley Nacional del Agua 50
3. Consejo de Recursos de Agua 51
4. Evaluaciones Completas de los Recursos de Agua 51
5. Cámara de Compensación Nacional 51
6. Reuniones Nacionales e Internacionales 51
7. Formulación de Fuerzas de Tarea 52
8. Estrategia Sugerida 52
C. Manejo y Proteccíon de las Cuencas 52
D. Oportunidades Para Ejercicios de Tropa 53
1. Ejercicios de Perforación de Pozos 53
2. Pequeños Embalses Superficiales 53
E. Mejoras a la Calidad y Suministro del Agua 54

VII. Resumen 54

Notas Finales 55

Bibliografía 58

Figuras

Figura 1. Mapa del Pais xiii
Figura 2. Mapa Vecinal 2

Tabalas

Tabla 1. Distribucion de La Poblacion 3
Tabla 2. Plantas Hidroeléctricas, 1998 8
Tabla 3. Cuencas de Drenaje 12

Apendice A Lista de Officiales Consultados y Lista de Agencias Contactadas

Lista de Oficiales Consultados A-1
Lista de Agencias Contactadas A-4

Contenido (Continuación)

Título **Página**

Apendice B Glosario
Glosario B-1

Apendice C Recursos de Agua Superficial y Subterránea

Tabalas
Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial C-1
Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas C-9

Figuras
Figura C-1. Recursos de Agua Superficial C-15
Figura C-2. Recursos de Agua Subterráneas C-17

Lista de Acronimos y Abreviaciones

Acrónimos

AMSA	Oficina para el Desarrollo Sostenible del Lago de Amatitlán y de la Cuenca
CARE	Cooperativa Americana de Asistencia a todas partes
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
DSM-MSPyAS	División de Sanitacion Ambiental del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
EMPAGUA	Manejo Municipal del Agua
ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos
PDB	Producto Doméstico Bruto
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INDE	Instituto Nacional de Electricidad
INFOM	Instituto de Desarrollo Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Metereología Hidrología
INTA	Instituto Nacional de Transformación Agraria
PAHO	Organización Panamericana de la Salud
PLAMAR	Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Irrigación Agrícola; bajo el Ministerio de Agricultura
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

Abreviaciones

$CaCO_3$	calcio carbonato
Cl	cloruro
cm/yr	centímetros por año
ft^3	pies cúbicos
gal/min	galones por minuto
km^2	kilómetros cuadrados
L/min	litros por minuto
L/s	litros por segundo
L/s/m	litros por segundo por metro
m^2/d	metros cuadrados por día
m^3/s	metros cúbicos por segundo
Mg	magnesio
mg/L	miligramos por litro
mL	mililitros
mm	milímetros
Mm^3	millones de metros cúbicos
MPN	número más probable
MW	megawats
N	nitrógeno
Na	sodio
NaCl	sodio-cloruro
P	fósforo
pH	concentración de hidrogeno-ion
SO_4	sulfato
TSD	total de sólidos disueltos (la suma de todos los sólidos disueltos en agua o en aguas negras)

Lista de Nombre de Lugares

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Alta Verapaz (departamento)	1540N09000W
Baja Verapaz (departamento)	1505N09020W
Belize	1715N08845W
Canal de Chiquimulilla	1355N09107W
Mar Caribe	1630N08730W
Tierras Altas Centrales (región)	1515N09030W
Chimaltenango (departamento)	1440N09049W
Chiquimula (departamento)	1440N08925W
Ciudad de Guatemala (también ciudad de Guatemala)	1438N09031W
El Golfete (lago)	1544N08853W
El Progreso (departamento)	1450N09000W
El Salvador	1400N08930W
Embalse Chixoy (reservorio)	1515N09030W
Escuintla	1418N09047W
Escuintla (departamento)	1410N09100W
Guatemala	1530N09015W
Ciudad de Guatemala	1438N09031W
Departamento de Guatemala	1440N09030W
Golfo de Honduras	1610N08750W
Golfo de México	2230N09000W
Honduras	1500N08830W
Huehuetenango (departamento)	1540N09135W
Izabal (departamento)	1530N08900W
Jalapa (departamento)	1435N08955W
Jutiapa (departamento)	1410N08950W
Lago de Amatitlán (lago)	1427N09034W
Lago de Atitlán (lago)	1442N09112W
Lago de Guija (lago)	1416N08931W
Lago de Izabal (lago)	1530N08910W
Lago Petén Itza (lago)	1659N08950W
Laguna de Ayarza (lago)	1425N09008W
Montañas Mayas (montañas)	1620N08918W
México	1630N09200W
Mixco	1438N09036W
Montañas de Cuilco (montañas)	1530N09159W
Planicie Costera del Pacifico (región)	1410N09115W
Océano Pacifíco	1400N09200W
Petén (departamento)	1650N09000W
Tierras Altas del Petén	1620N08925W
Tierras Bajas del Petén	1650N09000W
Quezaltenango	1450N09131W
Quezaltenango (departamento)	1445N09140W
Quiche (departamento)	1530N09055W
Retalhuleu (departamento)	1420N09150W
Río Achiguate	1355N09055W
Río Acome	1356N09102W
Río Cabuz	1444N09209W

Lista de Nombre de Lugares, Continuación

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Río Cahabon	1525N08936W
Río Chixoy	1604N09027W
Río Coatan	1510N09214W
Río Coyolate	1357N09119W
Río Cuilco	1556N09210W
Río Cutzan	1428N09122W
Río de la Pasión	1628N09033W
Río Dulce	1549N08845W
Río Grande de Zacapa	1503N08934W
Río Guacalate	1411N09043W
Río Ican	1408N09140W
Río Ixcan	1607N09105W
Río Las Vacas	1452N09024W
Río Los Esclavos	1350N09020W
Río Los Plátanos	1451N09024W
Río María Linda	1346N09042W
Río Melendrez	1437N09208W
Río Michatoya	1406N09039W
Río Mongoy	1417N08938W
Río Motagua	1544N08814W
Río Nahualate	1403N09132W
Río Nahuatan	1443N09206W
Río Naranjo	1430N09211W
Río Neton	1548N09152W
Río Oc	1419N09142W
Río Ocosito	1430N09211W
Río Olopa	1433N08916W
Río Ostua-Guina	1417N08933W
Río Paso Hondo	1359N09029W
Río Paz	1345N09008W
Río Polochic	1528N08922W
Río Pueblo Viejo	1520N08940W
Río Salinas	1628N09033W
Río Salama	1411N09147W
Río San Pedro	1715N09058W
Río Sarstun	1545N08854W
Río Selegua	1542N09155W
Río Sis	1409N09155W
Río Suchiate	1433N09215W
Río Usumacinta	1714N09124W
Río Villalobos	1429N09034W
Río Xaclbal	1606N09058W
Sacatepequez (departamento)	1435N09045W
San Marcos (departamento)	1500N09155W
Santa Rosa (departamento)	1410N09018W
Sierra de Chama (montañas)	1540N09030W

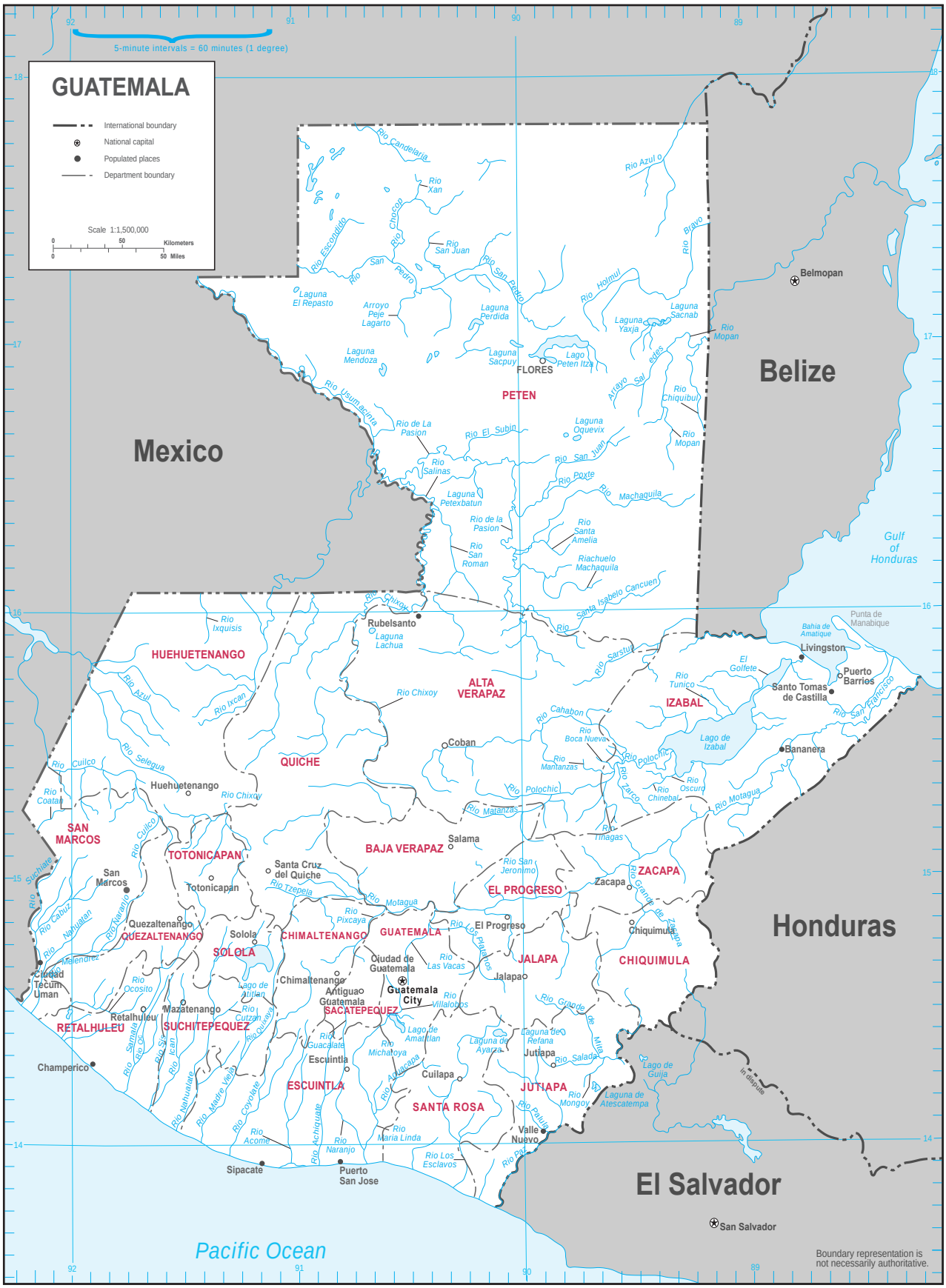
Lista de Nombres de Lugares, Continuación

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Sierra de Chuacus (montañas)	1505N09030W
Sierra de las Minas (montañas)	1510N08940W
Sierra de los Cuchumatanes (montañas)	1535N09125W
Sierra de Santa Cruz (montañas)	1540N08915W
Sierra Madre (montañas)	1435N09100W
Solola (departamento)	1440N09115W
Suchitepequez (departamento)	1425N09120W
Totonicapan (departamento)	1500N09120W
Zacapa (departamento)	1500N08930W

Las coordenadas geográficas para los lugares están en grados y minutos de latitud y longitud. La latitud se extiende desde los 0 grados en el ecuador hasta 90 grados norte o sur en los polos. La longitud se extiende desde 0 grados en el meridiano de Greenwich, Inglaterra, hasta 180 grados al este o oeste en el Océano Pacifico cerca de la línea internacional de fechas. Las coordenadas geográficas enumeran primeramente la latitud para los hemisferios norte (N) y sur (S) y después la longitud para los hemisferios Este (E) y Oeste (O). Por ejemplo:

Alta Verapaz (departamento) 1540N09000W

Las coordenadas geográficas para Alta Verapaz (departamento) que son 1540N09000W son igual a 15º40’N 90º 0’ W y pueden ser escritas como latitud de 15 grados y 40 minutos norte y longitud de 90 grados y 0 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son aproximadas pero son lo suficientemente precisas para localizar puntos en el mapa a escala del país. Las coordenadas geográficas están generalmente en las desembocaduras de los ríos y en el centro de las cadenas montañosas.


GUATEMALA
International boundary
National capital
Populated places
Department boundary
Scale 1:1,500,000
Kilometers
Miles
5-minute intervals = 60 minutes (1 degree)
Mexico
Belize
Honduras
El Salvador
Pacific Ocean
Gulf of Honduras
Belmopan
FLORES
PETEN
Rubelsanto
HUEHUETENANGO
ALTA VERAPAZ
IZABAL
Livingston
Puerto Barrios
Santo Tomas de Castilla
Bananera
Coban
QUICHE
Huehuetenango
SAN MARCOS
San Marcos
TOTONICAPAN
Totonicapan
Santa Cruz del Quiche
BAJA VERAPAZ
Salama
EL PROGRESO
El Progreso
ZACAPA
Zacapa
Chiquimula
CHIQUIMULA
QUEZALTENANGO
Quezaltenango
SOLOLA
Solola
CHIMALTENANGO
Chimaltenango
GUATEMALA
Ciudad de Guatemala
Guatemala City
Antigua Guatemala
JALAPA
Jalapa
SACATEPEQUEZ
RETALHULEU
Retalhuleu
SUCHITEPEQUEZ
Mazatenango
Ciudad Tecum Uman
Champerico
ESCUINTLA
Escuintla
Cuilapa
SANTA ROSA
JUTIAPA
Jutiapa
Valle Nuevo
Sipacate
Puerto San José
San Salvador
Punta de Manabique
Bahia de Amatique
Lago de Izabal
Lago de Guija
Laguna de Atescatempa
Laguna Petexbatun
Laguna Perdida
Laguna Sacnab
Laguna Yaxja
Laguna Sacpuy
Lago Peten Itza
Laguna Mendoza
Laguna El Repasto
Laguna Oquevix
Laguna Lachua
Laguna de Ayarza
Laguna de Refana
Rio Mopan
Rio Chiquibul
Rio Usumacinta
Rio de La Pasion
Rio Salinas
Rio Ixquisis
Rio Ixcan
Rio Chixoy
Rio Cuilco
Rio Selegua
Rio Coatan
Rio Suchiate
Rio Cabuz
Rio Nahuatan
Rio Naranjo
Rio Tzepela
Rio Motagua
Rio Polochic
Rio Cahabon
Rio Boca Nueva
Rio Mantanzas
Rio Tinagas
Rio Grande de Zacapa
Rio Oscuro
Rio Chinebal
Rio Ocosito
Rio Cutzan
Rio Quilaya
Rio Guacalate
Rio Michatoya
Rio Achiguate
Rio Acome
Rio Maria Linda
Rio Los Esclavos
Rio Grande de Mita
Rio Salada
Rio Mongoy
Rio Paulaya
Rio Coyolate
Rio Madre Vieja
Rio Nahualate
Rio Sis Ico
Rio Santa Ana
Rio Sarstun
Rio Tunico
Rio San Francisco
Rio Bravo
Rio Azul
Rio Candelaria
Rio Xan
Rio Chocon
Rio Escondido
Rio San Pedro
Rio San Juan
Rio Holmul
Rio Poxte
Rio Machaquila
Rio El Subin
Rio Santa Amelia
Rio San Roman
Riachuelo Machaquila
Santa Isabel Cancuen
Rio Los Platanos
Rio Las Vacas
Rio Villalobos
Rio Pixcaya
Rio Cabahon
Rio Sarstun
Rio Sacpuy
Rio Oquevix
Rio Mopan
Rio Azul
Rio Ixcan
Rio Chixoy
Rio Cuilco
Rio Selegua
Rio Coatan
Rio Suchiate
Rio Cabuz
Rio Nahuatan
Rio Naranjo
Rio Tzepela
Rio Motagua
Rio Polochic
Rio Cahabon
Rio Boca Nueva
Rio Mantanzas
Rio Tinagas
Rio Grande de Zacapa
Rio Oscuro
Rio Chinebal
Rio Ocosito
Rio Cutzan
Rio Quilaya
Rio Guacalate
Rio Michatoya
Rio Achiguate
Rio Acome
Rio Maria Linda
Rio Los Esclavos
Rio Grande de Mita
Rio Salada
Rio Mongoy
Rio Paulaya
Rio Coyolate
Rio Madre Vieja
Rio Nahualate
Rio Sis Ico
Rio Santa Ana
Rio Sarstun
Rio Tunico
Rio San Francisco
Rio Bravo
Rio Azul
Rio Candelaria
Rio Xan
Rio Chocon
Rio Escondido
Rio San Pedro
Rio San Juan
Rio Holmul
Rio Poxte
Rio Machaquila
Rio El Subin
Rio Santa Amelia
Rio San Roman
Riachuelo Machaquila
Santa Isabel Cancuen
Rio Los Platanos
Rio Las Vacas
Rio Villalobos
Rio Pixcaya
Rio Cabahon
Rio Sarstun
Rio Sacpuy
Rio Oquevix
Rio Mopan
Rio Chiquibul
Rio Usumacinta
Rio de La Pasion
Rio Salinas
Rio Ixquisis

I. Introducción

El agua sustente y alimenta todas las cosas vivientes. Por lo menos 400 millones de personas en el mundo viven en regiones con restricciones severas de agua. Para el año 2050 se espera una población de 4 billones de personas. La restricción proyectada en el suministro de agua potable podría resultar en el desastre natural más desbastador que la historia haya podido registrar, a menos que se haga algo para impedirlo.[1]

Existe una relación directa entre la abundancia de agua, la densidad de la población y la calidad. Un suministro de agua abundante constituye uno de los factores más importantes en el desarrollo de las sociedades modernas. Los dos factores principales en el desarrollo de los recursos de agua son la cantidad y la calidad. La disponibilidad de agua para usarse en limpieza y aseo está directamente relacionada con el control y la eliminación de las enfermedades. La conveniencia del uso del agua mejora la calidad de vida.[2] En los países desarrollados, el uso del agua baja de 40 litros por día por persona cuando el agua es suministrada en las casas, a 15 litros por día por persona si la fuente se encuentra a 200 metros de distancia. Si la fuente de agua está a más de 1,000 metros de distancia, el uso del agua baja a menos de 7 litros por día por persona.[3] Además de ser abundante en suministro, el agua disponible debe tener características de calidad especificas, como sería una baja concentración de total de sólidos disueltos (TSD). La concentración de TSD en el agua afecta los usos domésticos, industriales, comerciales y agrícolas del agua. Los elementos naturales no tóxicos del agua constituyen un elemento disuasorio mayor para los usos domésticos hasta que las concentraciones de TSD exceden los 1,000 miligramos por litros. A medida que los valores de TSD aumentan a más de 1,000 miligramos por litro, el uso del agua en el comercio, la industria y la agricultura disminuye. Además de las concentraciones de TSD existen otros factores de calidad que afectan el agua. Dentro de estos factores se encuentran los micro-organismos causantes de enfermedades, la presencia de elementos químicos, metales y cierto tipo de iones naturales que pueden ser dañinos en altas concentraciones. Guatemala no posee instalaciones para tratamiento de aguas negras y la mayoría del afluente es descargado sin ningún tratamiento dentro de las vías de agua.

El propósito de esta evaluación es documentar la situación general de los recursos de agua en Guatemala. Este trabajo incluye la descripción de los principales recursos de agua del país, la identificación de necesidades y oportunidades de recursos de agua, documentar actividades actualmente llevándose a cabo para el desarrollo de los recursos de agua, y también actividades que se están planeando al respecto, y sugerencias de enfoques prácticos para el desarrollo de recursos de agua a corto y a largo plazo. Esta evaluación es el resultado de información obtenida durante un viaje a Guatemala así como también información obtenida en los Estados Unidos. El alcance del trabajo fue condensado según opinión profesional debido al tamaño del país y los numerosos reportes técnicos disponibles con respecto a los diferentes aspectos de los recursos de agua en Guatemala.

Esta información puede usarse para apoyar inversiones actuales y futuras en el manejo de los recursos de agua y también puede ayudar a los planificadores militares durante ejercicios de tropa de ingeniería así como también en planificación. Los mapas de agua superficial y agua subterránea (figuras C-1 y C-2), se complementan con las tablas en el apéndice C, serán de gran utilidad para los planificadores del suministro de agua para que puedan ver en forma general los recursos de agua disponibles a escala del país. El mapa del agua superficial divide el país en regiones de agua superficial, basados en las cantidades de agua disponibles. El mapa de agua subterránea divide el país en regiones con características de agua subterránea similares.

Además, para ayudar a los planificadores militares, esta evaluación puede asistir al país anfitrión resaltando sus áreas de necesidades críticas, lo cual sirve para apoyar el desarrollo de recursos potenciales de agua, preservación y aumentar programas de financiamiento. Los problemas que se han resaltado son el esultado de los efectos desbastadores que la

deforestación ha causado en los recursos de agua, la falta de tratamiento de aguas negras, contaminación de agua y la falta de información hidrológica. Los planes para la administración de las cuentas deben ser promulgados para controlar la deforestación y administrar los recursos de agua.

La responsabilidad de supervisar la situación de los recursos de agua en Guatemala es compartida por varías agencias del gobierno e instituciones. El grupo evaluador del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos sostuvo reuniones y consultó a las organizaciones de mayor influencia en la decisión de prioridades y establecimiento de metas para el manejo de los recursos de agua (ver el apéndice A). La mayoría de estas agencias llevan a cabo su misión con poca o ninguna coordinación con las otras agencias. Esto crea duplicación de trabajo y uso ineficiente de los recursos.

II. Perfiles del País

A. Geografía

Guatemala con sus 108,890 kilómetros cuadrados de territorio, es un poco más pequeña que el estado de Tennessee. Está localizada al sudeste de México y al noreste y al este de los otros países de Centro América. Guatemala comparte 266 kilómetros de frontera con Belize hacia el noreste, 203 kilómetros de frontera con El Salvador hacia el sud este; 256 kilómetros de frontera con Honduras al este; 962 kilómetros de frontera con México al oeste y al norte, y tiene 400 kilómetros de línea costera, principalmente en el Océano Pacífico Norte. Su localización en una franja angosta que une masas territoriales del continente Americano, así como también su topografía le dan al país una diversidad de regiones climaticas.[4]

Figura 2. Mapa Vecinal

De norte a sur, las transiciones topográficas desde una planicie costera sur hacia una gran expansión de oeste a este de montañas volcánicas dominan la parte central del país. La topografía del terreno es principalmente montañosa con planicies costeras angostas y mesetas ondulantes de piedra caliza (Petén). La cadena montañosa interamericana andina (Sierra Madre), la cual cruza el país al noroeste y sudeste, es la principal fisiografia del país. Esta cadena se puede dividir en cuatro áreas geográficas de dos áreas de tierras bajas y dos sistemas montañosos. Las áreas de tierras bajas consisten de: bajas y dos sistemas montañosos. Las áreas de tierras bajas consisten de (1) Tierras bajas del Petén y Belize, que poseen una topografía típica cárstica en el norte donde la altitud varía de unos cuantos metros hasta 600 metros; y (2) La faja costera Pacifica, de 25 a 50 kilómetros de ancho en el sur con altitudes que alcanzan 500 metros sobre el nivel del mar. Los dos sistemas montañosos consisten de: (1) una serie de montañas volcánicas que incluyen 33 volcanes con alturas máximas de 3,000 a 4,200 metros sobre el nivel del mar, paralelas a la costa del Pacifico; y (2) Los Cuchumatanes, Chama y Las Minas que tienen cumbres de hasta 3,800 metros sobre el nivel del mar, que se extienden al norte de las montañas volcánicas. En el noreste, el terreno es dominado por la planicie de inundación del Río Motagua y las planicies costeras bajas de la costa del Caribe.

Guatemala es susceptible a erupciones volcánicas y está sujeta a frecuentes y violentos terremotos. Por lo menos 60 terremotos destructivos con intensidades mayores de 6 grados en la escala de Mercalli han ocurrido durante los últimos 450 años. El último y más grande terremoto sucedió el 3 de Febrero de 1976 causando gran destrucción y 2,500 muertos. La costa del Caribe es susceptible a huracanes y otras tormentas tropicales, tales como el Huracán Mitch, que causó daños cuantiosos en 1998. Ver las figuras 1 y 2 para información geográfica general.

B. Población e Impactos Sociales

En 1994 la población se estimaba en 10,322,000. Con un grado de crecimiento de 2.9 por ciento, la población en el año 2010 será de 16 millones. La mayoría de los guatemaltecos viven en los valles de las regiones montañosas en el centro del país, el cual se caracteriza por numerosos lagos y volcanes y un clima templado. (Ver la Tabla 1, Distribución de la Población.)

Aproximadamente el 60 por ciento de la población vive en las áreas rurales, con el 90 por ciento de esta población viviendo en comunidades de menos de 500 personas. Aproximadamente 2.1 millones de personas viven en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala. Las áreas más populosas del país son la ciudad de Guatemala, Mixco, Quezaltenango, Escuintla, Mazatenango, Puerto Barrios y Retalhuleu. El promedio de densidad poblacional del país es de 94.8 personas por kilometro cuadrado.[5] Aproximadamente el 55 por ciento de la población total viven en condiciones de extrema pobreza. Para el año 2000, se estima que el 65 por ciento de la población será menor de 25 años.[6]

Los recursos de agua potable del país están agotándose en parte debido a la distribución de la población. La población es densa en regiones donde la disponibilidad de agua es baja debido a la altura o a la falta de lluvia, lo contrario sucede en regiones donde los recursos de agua son abundantes. La ciudad de Guatemala es el principal ejemplo. La ciudad alberga a más del 20 por ciento de la población. Sin embargo, el valle donde está localizada la ciudad de Guatemala cruza la División Continental donde la descarga de los ríos es mínima. Los escasos recursos de agua superficial de la ciudad de Guatemala no pueden abastecer las demandas de su población. Consecuentemente, los recursos de agua subterránea son necesarios para suplir las necesidades de la ciudad.

Tabla 1. Distribucion de La Poblacion

Departmento	Poblacion	Capital	Area Aproximada (km^2)
Alta Verapaz	650,126	Coban	8,726
Baja Verapaz	200,020	Salama	3,124
Chimaltenango	374,898	Chimaltenango	1,973
Chiquimula	268,379	Chiquimula	2,376
El Progreso	115,469	El Progreso	1,922
Escuintla	592,647	Escuintla	4,385
Guatemala	2,188,652	Ciudad de Guatemala	2,025
Huehuetenango	790,183	Huehuetenango	7,880
Izabal	359,057	Puerto Barrios	9,038
Jalapa	206,355	Jalapa	2,063
Jutiapa	378,662	Jutiapa	3,219
Petén	295,130	Flores	35,270
Quezaltenango	606,556	Quezaltenango	2,164
Quiche	631,786	Santa Cruz de Quiche	8,559
Retalhuleu	261,136	Retalhuleu	1,856
Sacatepequez	196,536	Antigua Guatemala	493
San Marcos	766,950	San Marcos	3,596
Santa Rosa	285,456	Cuilapa	2,955
Solola	265,902	Solola	1,142
Suchitepequez	392,704	Mazatenango	2,392
Totonicapan	324,225	Totonicapan	1,050
Zacapa	171,146	Zacapa	2,692
Total	**10,321,975**		**108,900**

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Plan Regional de Inversiones en Ambiente Salud, “Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala”. Serie Análisis Sectoriales, No. 4. Washington D.C., Marzo de 1995.

C. Economía

Con la aprobación del Acuerdo de Libre Comercio de Norte América, Guatemala se ha convertido en la vecina inmediata del bloque económico más grande del mundo. La mano de obra de Guatemala se estima que es de 3.32 millones, con un porcentaje de desempleo aproximado de 5.2 por ciento (1997).

La agricultura domina la economía, empleando aproximadamente del 50 al 60 por ciento de la mano de obra, representando el 25 por ciento del producto domestico bruto (PDB), y suministrando dos tercios de exportaciones. Café, azúcar y bananos son los productos principales, siendo el café el cultivo principal del país. La tendencia actual apunta hacia un crecimiento acelerado en la producción de productos agrícolas de exportación nuevos o no tradicionales, como lo serian las frutas tropicales y los vegetales. La industria representa aproximadamente un 20 por ciento del PDB y 15 por ciento de la mano de obra.

La firma de los Acuerdos de Paz en Diciembre de 1996, puso fín a 36 años de guerra civil, eliminó un obstáculo grande hacia las inversiones extranjeras. En 1997, Guatemala alcanzó su objetivo económico cuando el crecimiento del PDB alcanzo 4.1 por ciento y la inflación bajo aproximadamente 9 por ciento después de haber estado tan alto como 37 por ciento en 1986.[7,8]

D. Control de Inundaciónes

La agencia gubernamental responsable de llevar a cabo investigaciones y desarrollos con respecto al control de inundaciones es el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Metereologia e Hidrología (INSIVUMEH).

El valle del Río Motagua, localizado en el extremo bajo del Río Motagua, cerca de la costa Atlántica, sufrió severas inundaciones por el huracán Mitch en Octubre y Noviembre de 1998, afectando 60,000 habitantes y 24,170 hectáreas de plantaciones de bananos. Esta extensión representa aproximadamente el 83 por ciento de la cosecha, el costo estimado de su rehabilitación es de 80 millones de dólares. Las pérdidas estimadas de las compañías bananeras BANDEGUA, COBSA, y COBIGUA durante la tormenta y sus efectos en futuras cosechas se estiman en 130 millones de dólares. Se dañaron aproximadamente 40 kilómetros de diques existentes, 68 kilómetros de carretera, extensiones considerables de rieles de ferrocarril y el puente Conchas. El lecho del río se alteró como resultado de la inundación. También se notó una gran erosión en algunas extensiones del río, así como también sedimentación y cambios en la forma del canal, alineación y extensión.[9]

El modelo matemático Mike 11 para predecir inundaciones y controlarlas, fue desarrollado y publicado en 1998 por el Instituto Hidráulico Danés. Este modelo fue creado para estudiar, investigar y mitigar los desastres naturales causados por las inundaciones en Centro América. Las instituciones involucradas en este proyecto fueron INSUVEMEH, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), La Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto Nacional de Electrificación (INDE). La cuenca del Río Cahabon Polochic fue la cuenca elegida para servir de modelo. El propósito de desarrollar este proyecto fue minimizar lo más posible la pérdida de vidas humanas que causan las inundaciones en las partes bajas de la confluencia de los ríos Cahabon-Polochic; mejorar el manejo y operación del embalse y complejo hidroeléctrico de Chixoy; y mejorar la capacidad del país para mitigar los daños materiales en los caseríos y a la agricultura que se ven constantemente amenazadas por este tipo de desastres naturales. El objetivo inicial fue el de entrenar a los miembros de estas instituciones en el manejo, utilización y aplicación del modelo con el propósito de usarlo en Centro America.[10] Uno de los proyectos llevados a cabo fue el Mapa Historio de Amenazas de Inundaciones a nivel nacional. Recientemente, se hizo un reconocimiento de las cuencas de los ríos en el ámbito nacional, esto se llevó a cabo con el objetivo de establecer controles de monitoreo y mitigación. El trabajo de INSIVUMEH está siendo coordinado con otras instituciones públicas y privadas con el fin de reducir los efectos de las inundaciones anunciadas para el invierno de 1999. Las cuencas de los ríos como las del Río Coyolate y Río

María Linda serán monitoriadas con implement adores de alerta básicos. Para que sean de utilidad los sistemas tienen que ser automatizados con alert adores de tiempo real y con un programa completo para control de inundaciones en las zonas de riesgo.

E. Marco Legislativo

De acuerdo con la constitución, el agua del país le pertenece a la gente. Sin embargo, no existe una política con respecto al agua que maneje y regule en forma adecuada el uso de los recursos de agua y el suministro de la misma. Varías agencias comparten responsabilidades en la supervisión de los recursos de agua y tienen muy poca coordinación entre ellas; de esta forma se duplican los esfuerzos de trabajo y el uso de los recursos es ineficiente. El hecho de que no exista una ley para el tratamiento de las aguas negras ha creado el abuso incontrolable de los ríos, causando contaminación de agua a lo largo del país. Existe una ley de deforestación, pero su puesta en marcha es extremadamente difícil.

Una ley nacional para el uso del agua se ha estado negociando durante los últimos 10 años, pero todavía no ha sido pasada. Se espera que sea pasada con el nuevo gobierno en el año 2000. Esta ley propone el establecimiento de una comisión de recursos de agua y a la vez establecimiento de políticas que enfoquen las áreas criticas de deforestación, manejo de las cuencas, tratamiento de aguas negras, suministro de agua y sanitación.

La Secretaria de Recursos Hidráulicos de la Presidencia de la República fue establecida en 1992 debido a las sequías resultantes del fenómeno del Niño. Los deseos de la agencia fueron el establecimiento de una política coherente para los recursos de agua, formulación y desarrollo de un plan hidráulico nacional, coordinación, planificación y construcción de instalaciones hidráulicas para uso público y la evaluación y aprobación de planos, programas, y proyectos relativos al uso de los recursos nacionales. La agencia también representaba al estado para las organizaciones internacionales que se especializaban en los recursos nacionales para la coordinación de estudios, estrategias o proyectos de beneficio social. Esta agencia se reportaba directamente al Presidente pero fue abolida en 1998.[11,12,13]

III. Usos Actuales de los Recursos de Agua

A. Suministro de Agua

La escasez de agua es un problema muy serio, aunque el país tenga un promedio anual de lluvia de 2,000 milímetros. La distribución desigual de la población y de la lluvia, sumada al manejo ineficiente de los recursos de agua disponibles, son las causas principales de los problemas de suministro de agua.

No existe una autoridad nacional para el suministro de agua en el país. Cada municipalidad es responsable por su propio suministro de agua y por mantener la calidad del agua. Si el agua no cumple con las normas de calidad, la municipalidad está obligada a corregir el problema. La División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (DSM-MSPyAS) contacta a los alcaldes de las municipalidades para que corrijan el problema. Algunas veces el problema no se trata debido a falta de cumplimiento. Solamente un 10 por ciento de las municipalidades usan cloro, sin embargo, todas están obligadas a usarlo.[14] La falta de una comisión nacional para el suministro de agua potable y sanitación es la causa principal de la ausencia de condiciones mínimas de salud en el país. No existen estrategias claras, ni políticas o programas de inversión.[15]

Los servicios de suministro de agua potable y sanitación son administrados por muchas agencias y organizaciones incluyendo DSM-MSPyAS, Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Instituto de Fomento Municipal (INFOM), las 329 municipalidades, corporaciones privadas, organizaciones no-gubernamentales, organizaciones internacionales y de caridad.

1. Usos Domésticos y Necesidades

La mayor parte del agua superficial está contaminada y generalmente no es usada para el suministro de agua. Sin embargo, en las tierras altas, los ríos que se originan en las montañas volcánicas generalmente no están contaminados y se usan para el suministro de agua con muy poco tratamiento o con ninguno. En las áreas urbanas, el agua subterránea proporciona la mayor parte del suministro para uso doméstico, y se confiará mucho en ella para suplir necesidades futuras. El agua subterránea proveniente de pozos más profundos se considera fresca y potable. Sin embargo, muchos acuíferos poco profundos están contaminados.

Con la excepción de la ciudad de Guatemala, las oficinas municipales proporcionan servicios de agua, sin embargo, un registro se lleva a cabo solamente en 12 de las 329 municipalidad. Las pérdidas de agua son altas (más del 50 por ciento) y la calidad del agua es pobre.[16]

La cobertura proporcionada de agua potable y servicios de sanitación es extremadamente baja. Se estima que la cobertura de servicios de agua potable es del 55 por ciento en áreas rurales y del 90 por ciento en áreas metropolitanas y urbanas. La demanda de agua potable en 1995 se estimaba en 12.78 metros cúbicos por segundo. Para el año 2010 se estima que sea más de 26 metros cúbicos por segundo. En 1994 se estimó que la cobertura de servicios de sanitación era del 49 por ciento.[17,18,19]

Ciudad de Guatemala. El sistema de suministro de agua para la ciudad de Guatemala es operado y mantenido por EMPAGUA, que fue creada en 1972. EMPAGUA suministra aproximadamente el 60 por ciento de las necesidades reales de agua para los 2.5 millones de habitantes de la ciudad. La cantidad de agua suministrada al sistema es de 3.6 metros cúbicos por segundo de ambos recursos de agua superficial y subterránea. Hasta 1998, 86 pozos de agua están suministrando 1 metro cúbico por segundo, el resto del agua proviene de fuentes superficiales. Dos acuíferos suministran agua subterránea para la ciudad. El más productivo se encuentra en la parte sur de la ciudad, mientras que el menos productivo está en la parte norte. EMPAGUA posee su propio laboratorio para probar el agua en la Universidad San Carlos, este analiza 60 muestras por día.

Un nuevo proyecto está en desarrollo para suministrar 2.5 metros cúbicos adicionales por segundo provenientes de aguas subterráneas y 4.7 metros cúbicos por segundo provenientes de agua superficial. El agua subterránea se obtendrá de pozos nuevos ubicados al norte de la ciudad y el agua superficial de dos ríos localizados afuera de la ciudad.

Aproximadamente 45 por ciento del agua producida se pierde en los sistemas de distribución que son muy antiguos, incluyendo pérdidas debido al robo. Nunca ha ocurrido racionamiento de agua, pero el sistema tiene sus pausas para permitir que las cantidades necesarias se recarguen para obtener la presión de distribución que se necesita, esto generalmente ocurre durante los meses de Marzo y Abril que es la estación seca.[20]

Areas Urbanas. Las 329 municipalidades del país están en las áreas urbanas, cada municipalidad tiene la responsabilidad de su propio suministro de agua y sanitación. La agencia del gobierno INFOM apoya el desarrollo socioeconómico de las 329 municipalidades, incluyendo agua potable y sanitación. INFOM proporciona asistencia financiera y técnica. Ellos desean centralizar toda la ayuda y apoyo de todas las agencias y todas las actividades para el agua potable y sanitación para las áreas rurales. Aunque todas las municipalidades están obligadas a poner cloro al agua, muy pocas lo hacen. La cobertura de los servicios de agua potable se estima que es del 90 por ciento en áreas urbanas. Las fuentes de agua superficial suministran aproximadamente el 70 por ciento del suministro de agua para las áreas urbanas. En el futuro se confiará más en las fuentes de agua subterránea para suministrar el agua. La cobertura de servicios de sanitación en 1994 en áreas urbanas se estimó que era del 70 por ciento.[21,22,23]

Areas Rurales. Cada comunidad es responsable por su propio suministro de agua. Las fuentes de agua superficial suministran 90 por ciento del agua para las áreas rurales. La cobertura de servicios de agua potable se estima que es del 55 por ciento en áreas rurales, lo cual significa

que por lo menos 3 millones de personas en las áreas rurales no tienen acceso a servicios de agua potable. En 1994 la cobertura de servicios de sanitación se estimó que era del 35 por ciento. La mayor parte de las áreas rurales tienen solamente letrinas y no poseen sistema convencional de saneamiento.[24,25,26]

Numerosas agencias de ayuda trabajan para suministrar agua en las áreas rurales. Estas organizaciones varían desde agencias internaciones de donación tales como la Cooperativa Americana para la Ayuda a Todos Los Lugares (CARE); el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas y Servicios Católicos de Ayuda, hasta numerosas organizaciones pequeñas tales como Agua del Pueblo.

Los tipos de proyectos que construyen estas organizaciones incluyen construcciones de sistemas de irrigación pequeños, la captación de agua desde pequeños arroyos en las tierras altas de los volcanes con distribución directa hacia las comunidades y a menor escala, la perforación de pozos, la captación de fuentes en las áreas rurales.

2. Usos y Necesidades Industriales/Comerciales

La mayoría de las operaciones industriales y comerciales están localizadas dentro de las fronteras de las municipalidades principales, particularmente la de ciudad de Guatemala. Estas municipalidades dependen de su propio sistema de distribución de agua para sus operaciones. El suministro de agua proviene de ambas fuentes superficial y subterránea. En el futuro se dependerá más del agua subterránea para poder suplir las necesidades comerciales e industriales debido a la disminución en el suministro de agua de fuentes superficiales. Existe muy poca información con relación al uso del agua en la industria.

3. Usos y Necesidades Agrícolas

La agencia responsable de la irrigación es Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego (PLAMAR). Actualmente, la mayoría del agua para irrigación (aproximadamente 95 por ciento) proviene de fuentes superficiales, pero debido a que la cantidad de agua superficial para la irrigación está disminuyendo por la deforestación, se ha empezado a usar más el agua subterránea.

Oficiales de PLAMAR han estimado que 130,000 hectáreas (aproximadamente 5 por ciento del total potencial) están siendo irrigadas, y aproximadamente otros dos millones de hectáreas tienen potencial para ser irrigadas. No existe un aparato de medición en los sistemas de riego, pero un nuevo proyecto Japonés de instalar medidores de agua en los sistemas de irrigación propiedad del gobierno está siendo implementado. El proyecto no ha sido bien recibido por la población debido a que ellos no desean pagar más por el agua de riego. A la vez este proyecto está tratando de enseñar a los usuarios que los fondos pagados están regresando al sistema para mantenimiento y mejoras al mismo para obtener mejor servicio.

Entre los principales cultivos que son irrigados están: los bananos, caña de azúcar y café. El sector privado irriga 80,000 hectáreas para las plantaciones de bananos, caña de azúcar y heno y el gobierno irriga 20,000 hectáreas para vegetales, fresas y melones. Existen numerosas plantaciones de caña de azúcar en el sector costero sur. Muchos dueños de estas plantaciones diversificarán el curso de los ríos para usarlos, dejando a los usuarios aguas abajo sin suficiente suministro de agua. Dichas situaciones se han puesto al descubierto en una ley sobre el suministro de agua que se ha planteado. Otro problema es que muchos ríos principales y secundarios se secan durante los meses de Marzo y Abril, que es el período que la caña de azúcar necesita de más irrigación. Para poder suplir la demanda de agua para irrigación durante la estación seca de Noviembre a Abril, se deben usar los almacenamientos de las presas o recursos de agua subterránea.

La irrigación por goteo es el tipo de sistema que se usa en el país, ya que este ocupa la menor cantidad de agua, 0.5 litros por segundo por hectárea, comparado con 2 litros por segundo por hectárea en sistemas de alimentación por gravedad, y a un litro por segundo por hectárea en sistemas de irrigación por rocío.[27,28]

B. Energía Hidroelectricía y Geotermica

INDE es la agencia responsable del sistema de energía eléctrica. Cinco presas hidroeléctricas y una geotérmica operan en el país. En Guatemala, aproximadamente la mitad de la electricidad se suministra por medio de presas hidroeléctricas y la otra mitad proviene de energía térmica (que no sea geotérmica). Se espera poder utilizar más energía geotérmica en el futuro. La tabla 2 contiene una lista de las plantas hidroeléctricas de INDE y sus capacidades.[29]

Tabla 2. Plantas Hidroeléctricas, 1998

Proyecto	Capacidad Instalada (MW)
Chixoy	265
Aguacapa	75
Jurun Marinala	60
Esclavos	6.5
Santa María	5
Río Hondo	2
El Porvenir	2
Michatoyas	1
Chichaic	0.5
Total	**417**

Fuente: Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala (INDE),
El Sector Eléctrico de Guatemala, "Gerencia de Planificación" Ciudad de Guatemala, 1997.

INDE, Informe Estadístico 1997.

Chixoy es la presa hidroeléctrica más grande del país. Construcción de presas de este tamaño no se están planificando más. El país está planificando proyectos hidroeléctricos más pequeños. Chixoy está localizada en terreno cárstico y opera en su capacidad más baja durante la estación seca. Se han estudiado dos sitios potenciales para presas hidroeléctricas aguas arriba de Chixoy, pero se determinó que no existía suficiente agua para construir un embalse allí. Los dos problemas mayores que están encarando los proyectos hidroeléctricos son la contaminación del agua y la deforestación, esto causa erosión y sedimentación que están llenando los embalses rápidamente. Para reducir los impactos de la sedimentación, se han empezado a reforestar las cuencas y túneles han sido instalados para capturar y remover el. sedimento en los embalses, pero estos esfuerzos están teniendo impactos mínimos en la acumulación cada vez mayor de sedimentos. La contaminación química y biológica del agua ha aumentado los costos de operación y ha afectado en forma adversa las turbinas y otros equipos. Estos embalses no se usan para recreaciónCerca de Amatitlán, una planta geotérmica de 5 megawatts ha estado en operación desde Noviembre de 1998. Tiene una capacidad de 12 megawatts. De cuatro pozos (aproximadamente de 1,000 pies de profundidad cada uno), dos son pozos productores y dos son de inyección, con un pozo de inyección de reserva. Se han identificado cinco sitios potenciales para plantas geotérmicas en la cadena volcánica. Una vez que el agua ha sido usada, antes de que se enfríe completamente, se reinyecta en la tierra a través de los pozos de inyección. El agua tiene un alto contenido de minerales, pero debido a la alta temperatura, los minerales se mantienen solubles, y el agua se reinyecta antes que la deposición de los minerales ocurra. Zunil es una planta geotérmica con capacidad de 24 megawatts, actualmente esta en construcción, y se espera que este operando en el año 2000.[30,31]

C. Red de Estaciones de Aforo Fluvial

INSIVUMEH es la agencia responsable de la recolección de información de agua. Sin embargo, debido a problemas de fondos y otros, ha habido un deterioro en la red de recolección de información. La mayor parte de la información disponible de agua se ha recolectado hasta mediados de 1980. Muchas estaciones hidrometricas se perdieron durante la guerra y INSIVUMEH está en proceso de recuperarlas. Aproximadamente 17 estaciones hidrometricas se recuperaron en 1998 y 1999. La mayoría de las redes hidrometricas están concentradas en el área de la costa del Pacifico y en áreas agrícolas, particularmente a lo largo del Río Motagua. La red es muy escasa en las tierras bajas del Petén. La deforestación se está

volviendo crítica en muchas áreas montañosas, debido a ello la necesidad de información climatológica correcta es cada vez más importante. Debido a la guerra civil de 36 años que recientemente ha terminado, muchas estaciones de aforo están actualmente en estado irreparable. Sin embargo, se están llevando a cabo los esfuerzos necesarios para reconstruir y reemplazar el equipo para poder continuar recolectando la información. Existe una gran necesidad de restablecer la red nacional para aforo de ríos y fluvial. La información técnica obtenida de dicha red es esencial para el manejo efectivo de los recursos de agua. La falta de información hidrológica representa un problema en la planificación y desarrollo de proyectos de agua en el país.[32,33]

D. Transporte en Vías Navegables

De todos los ríos, el Río Dulce, Río Polochic, Río Sarstun, Río de la Pasión, Río Salinas y el Río Usumacinta poseen las más grandes cantidades de agua y son navegables en sus alcances bajos. Durante los caudales altos, son navegados por pequeños botes. Los lagos principales, tales como el Lago Atitlán, Lago Petén Itza y el Lago de Izabal, también son navegables. En la costa del Pacifico, la navegación es posible a través del canal de Chiquimulilla de 153 kilómetros de extensión el cual es de agua salada. Guatemala posee aproximadamente 1,035 kilómetros de canales navegables y 950 kilómetros cuadrados de lagos navegables.[34]

E. Recreación

El turismo se considera la segunda fuente de ingresos del país después del café. La mayor parte del turismo tiene que ver con la historia y la arqueología, pero el turismo ecológico y de recreación está muy íntimamente relacionado con los recursos de agua. El país posee mucha belleza natural, como lo son las montañas, valles, volcanes y junglas tropicales con más de 30 reservas ecológicas muy ricas en flora y fauna.[35]

Los lagos y los ríos son una parte vital del paisaje de Guatemala. El lago de Atitlán, Lago de Petén Itza el Lago de Izabal son particularmente importantes para la recreación. También importante es el río Dulce con su conexión al océano Atlántico. El transporte en balsa es posible en muchos ríos del país, tales como el Río Cahabon en el Departamento de Alta Verapaz y en el Río Naranjo y el Río Usumacinta. Los viajes a través del Río Dulce proporcionan grandes oportunidades de ver pájaros diversos y también dan acceso a sitios arqueológicos e históricos, con un cañón que se aproxima a la desembocadura del río en el Océano Atlántico. El lago de Atitlán localizado en las tierras altas del Departamento de Solola es un sitio geológico bastante interesante, posee un área de superficie de 80 kilómetros cuadrados y una altitud de 1,571 metros.

La superficie acuática total se estima en 1,093 kilómetros cuadrados con un gran potencial de desarrollo, pero se necesitaran desarrollar controles de utilización y conservación para desarrollar el turismo.[36,37]

IV. Recursos de Agua Existentes

A. Recursos de Agua Superficial

El agua dulce (<1,000 miligramos por litro de TSD) está disponible a través de todo el país proveniente de arroyos y lagos. El agua superficial cubre aproximadamente 1,000 kilómetros cuadrados de los 108,900 kilómetros cuadrados de tierra del país.[38] Los recursos de agua superficial proporcionan aproximadamente el 70 por ciento del suministro público de agua en las áreas urbanas y el 90 por ciento del suministro de agua en las áreas rurales del pais.[39]

Aunque los recursos de agua superficial son abundantes, están distribuidos en forma desigual, son altamente estacionales y generalmente están contaminados. Durante la estación seca, muchos arroyos dejan de fluir. En las épocas de los cambios de estación, los recursos de agua

superficial se encuentran típicamente en su punto inicial y flujo mínimo.[40] Los recursos de agua superficial aguas abajo al pie de las montañas o en las planicies costeras poseen cuencas más grandes de las cuales suministran descargas más grandes que pueden suplir demandas más grandes.

La deforestación y la fisiografia también afectan la cantidad de agua superficial disponible en una región especifica. Ver la tabla C-1 y la figura C-1 para más detalles.

Los recursos de agua se están agotando debido al incremento de su demanda. Cada año, la habilidad de suministrar agua se vuelve más difícil debido a lo limitado de los recursos y a la capacidad limitada del sistema de distribución. Aproximadamente el 4 por ciento del total del suministro de agua está localizado en las tierras altas, que son las áreas más pobladas en el país.

1. Precipitación y Clima

El clima es influenciado por la geografía del terreno eminentemente montañosa y varía de acuerdo a esto. El clima es generalmente tropical con estaciones húmeda y seca. La estación húmeda que localmente se conoce como “invierno”, comprende desde comienzos de Mayo hasta Octubre, la estación seca, que se conoce localmente como “verano”, comprende el resto del año. En las áreas bajas, el invierno comienza un poco antes más o menos a mediados de Abril. Durante la estación seca, el flujo de los arroyos disminuye, y los arroyos más pequeños se secan, esto sucede particularmente en las tierras altas. Desde finales de Febrero hasta el comienzo del invierno en Mayo, las condiciones de sequía prevalecen a través de las tierras altas y en las cuencas de los arroyos pequeños del país. Las cantidades de precipitación varían de acuerdo al terreno. Los sistemas climatológicos y los vientos prevalecientes generalmente viajan de oeste a este en el país. A lo largo de la costa del Pacifico el promedio de precipitación anual varía de 100 a 150 centímetros. A medida que nos movemos tierra adentro la precipitación varía de 150 a 350 centímetros por año a los pies de las cadenas de las montañas. La precipitación anual supera los 400 centímetros en lugares aislados a los pies de las montañas en el occidente. Dentro de la meseta alta de las montañas, la precipitación disminuye de 100 a 200 centímetros por año. Un efecto de lluvia escondida ocurre en el norte de las montañas con el total de precipitación disminuyendo hasta a 100 centímetros por año. Al norte del valle del Río Motagua, la precipitación anual comienza a aumentar en el norte teniendo un promedio anual de 250 centímetros. Los totales anuales más grandes de precipitación en el país ocurren en la cuenca del Río Ixcan excediendo los 600 centímetros. Los totales de precipitación disminuyen en el noreste en el Petén y hacia el este a lo largo de la frontera con Honduras con valores promedios menores de 200 centímetros. Los totales de precipitación combinados con el aumento en la cantidad de terreno deforestado causan grandes cantidades de escurrimiento. Las inundaciones están aumentando significativamente durante épocas de descargas máximas pero son de corta duración.

La mayoría de la población vive en las montañas debido a que el clima es más favorable. La temperatura promedio anual en las montañas es de 18.7 grados celsius (65.6 grados Fahrenheit). A lo largo de la costa del Pacifico, la temperatura promedio anual es de 26.7 grados celcius (80 grados Fahrenheit) y a lo largo de la costa del Caribe, el promedio anual de temperatura es de 25.5 grados celcius (78 grados Fahrenheit).

Ocurren períodos de sequía principalmente en Marzo y Abril al final de la estación seca, a medida que los arroyos se secan y que los niveles de agua bajan.

2. Cuencas de Drenaje

INSIVUMEH ha dividido el país en tres cuencas de drenaje: La cuenca del Océano Pacifico; la cuenca del Mar Caribe y la cuenca del Golfo de México (ver la tabla 3 y la figura C-1). Estas tres cuencas principales se pueden subdividir en 34 cuencas menores que capturan los arroyos principales del país. Existen 18 arroyos que descargan en el Océano Pacifico, 6 arroyos que drenan en el mar Caribe y 10 que se descargan en el Golfo de México. Aproximadamente el 55

por ciento de las cuencas en el país se comparten con los países vecinos. La mayoría de los arroyos que son monitoreados están en la cuenca del Océano Pacifico.

La cuenca más pequeña, que es la cuenca del Océano Pacifico, ocupa el 25 por ciento del país. La cuenca posee arroyos relativamente rectos con cursos inclinados cortos que se originan en las partes elevadas de la Sierra Madre, donde abruptamente se nivelan y fluyen hacia el sur del Océano Pacifico. La extensión promedio de los arroyos es de 100 kilómetros con sus nacimientos a elevaciones de 2,000 a 3,000 metros. Las extensiones altas de la cuenca poseen arroyos que proporcionan de escasas a muy pequeñas cantidades de agua y solamente durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre. Pendiente abajo los arroyos pueden proporcionar pequeñas cantidades de agua dulce de acuerdo con la estación. Dentro de la planicie costera los arroyos proporcionan cantidades moderadas de agua dulce de acuerdo con la estación. Muchos de los arroyos que proporcionan de grandes a enormes cantidades de agua de salobre a salina a lo largo del año se descargan en pantanos o estuarios en la línea costera. Cantidades de agua superficial se descargan en la planicie costera debido a las prácticas actuales de agricultura y a la falta de regulaciones para implementar el uso equitativo y el tratamiento de los recursos de agua. Las plantaciones cerca de los nacimientos de los ríos típicamente utilizan tanta agua del arroyo como la que necesitan, dejando a las plantaciones que se encuentran cerca de la costa con escaso o casi nada de agua durante la estación seca. Los arroyos principales en la cuenca son los siguientes: Achiguate, Acome, Coatan, Coyolate, Los Esclavos, María Linda, Madre Vieja, Nahualate, Naranjo, Ocosito, Olapa, Ostua-Guina, Paso Hondo, Paz, Pueblo Viejo, Samala, Sis y Suchiate. Los lagos principales incluyen el Lago de Amatitlán, Lago de Atitlán, Laguna de Ayarza y Lago de Guija.

La cuenca del Mar Caribe ocupa aproximadamente 35 por ciento del país, está localizada en las partes centrales y orientales del país. Sus arroyos poseen cursos cortos empinados así como también descensos graduales extensos. Los arroyos de esta cuenca de drenaje generalmente dan vuelta ligeramente hacia el noreste a medida que se aproximan al Mar Caribe. El arroyo más grande en el país es el Río Motagua que cuenta con 486 kilómetros y drena en esta cuenca. Las cantidades iniciales comienzan de escasas a muy pequeñas en la pendiente norte de la Sierra Madre. Las cantidades de agua dulce aumentan moderadamente en el valle del Río Motagua y actualmente se vuelven de grandes a enormes cantidades durante todo el año en las extensiones bajas del Río Motagua, Lago de Izabal y las cuencas del Golfete. En la Sierra de las Minas y en la Sierra de Santa Cruz, las cantidades de agua dulce se espera que sean pequeñas de acuerdo con la estación del año. En el Petén oriental en el centro de las Montañas Mayas, únicamente de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles de acuerdo con la estación del año. A lo largo de la costa del Caribe, encontramos de grandes a enormes cantidades de agua de salobre a salina durante todo el año proveniente de pantanos, lagunas y estuarios. En el otoño de 1998, Huracán Mitch fue el responsable de los daños más severos registrados en esta cuenca. Las extensiones bajas del Río Motagua fueron duramente azotadas durante las inundaciones. Los arroyos principales en la cuenca son: Cahabon, Dulce, Grande de Zacapa, Motagua, Polochic y Sarstun. Los lagos principales son: El Golfete y Lago de Izabal.

La cuenca del Golfo de México drena la parte noroeste del país y la parte occidental del norte de las tierras bajas del Petén. Aunque los arroyos en esta cuenca muestran patrones de ramificación, están sujetos a cierto grado de control estructural que resulta en segmentos de arroyo con ángulos rectos. El control estructural es el resultado de cuatro cadenas montañosas pequeñas que se extienden de oeste a este y que ocurren en la parte sur de la cuenca. Esa cuenca es la más grande en Guatemala y ocupa aproximadamente el 40 por ciento del país. De escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles en el Chuacus y en las Montañas de Cuilco. Pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles estacionalmente provenientes de las extensiones altas de los arroyos que se originan en la Sierra Madre, Sierra de Chuacus y las Montañas de Cuilco. Pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles estacionalmente provenientes de arroyos que se originan en la Sierra de los Cuchumatanes y

la Sierra de Chama. Moderadas cantidades de agua dulce están disponibles estacionalmente a través de casi toda la parte baja de la cuenca. En las tierras bajas del Petén de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están estacionalmente disponibles en el oriente y en la parte central de la cuenca. De grandes a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles todo el año provenientes del Río Chixoy, Río de la Pasión, Río Salinas y Río Usumacinta. Enormes cantidades de agua dulce están perennemente disponibles provenientes del Lago Petén Itza en la parte central de las tierras bajas del Petén. Los arroyos tienden a desaparecer en las tierras bajas del norte debido al drenaje interno de las piedras calizas cársticas. Los principales arroyos en la cuenca son: Chixoy, Cuilco, Ixcan, La Pasión, Nenton, San Pedro, Selegua, Usumacinta y Xaclbal. Los lagos principales y embalses son el Embalse de Chixoy y el Lago Petén Itza.

Tabla 3. Cuencas de Drenaje

Número de Cuenca y Nombre (Ver Fig. C-1)	Ríos Seleccionados	Area de Drenaje (km^2)	Extensión	Descarga (m^3/s)
I Océano Pacifico	Río Nahualate	2,005	130	61
	Río Ocosito	3,158	107	30
	Río Paz	1,733	134	23
II Mar Caribe	Río Motagua	12,716	487	209
	Río Cabahon	2,446	196	164
	Río Polochic	1,467	194	69
III Golfo de México	Río La Pasión	12,076	354	323
	Río San Pedro	14,331	186	53
	Río Selegua	1,123	102	38

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Volcanología, Metereología e Hidrología, Balance Hídrico Superficial de La República de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Junio 1992.

3. Lagos y Pantanos

Guatemala posee aproximadamente 20 lagos de diferentes tamaños y ambientes. El agua en cada uno de los lagos es dulce pero no es potable. De los 20 lagos, 5 son importantes. El primer lago, es el lago natural más grande del país, el lago de Izabal en la parte central del Departamento de Izabal cerca del Golfo de Honduras. Este lago que cubre aproximadamente 590 kilómetros cuadrados, drena hacia el noreste en el Golfete y ultimadamente en el Golfo de Honduras. El segundo lago, El Golfete, es el cuarto lago más grande cubriendo un área de aproximadamente 62 kilómetros cuadrados. Ambos lagos tienen elevaciones de menos de un metro por sobre el nivel del mar y están sujetos a las inundaciones durante eventos copiosos de precipitación. El tercer lago, Lago de Atitlán, está localizado aproximadamente a 100 kilómetros al sudoeste de la ciudad de Guatemala en el Departamento de Solola. Cubre 130 kilómetros cuadrados a una elevación de 1,562 metros sobre el nivel del mar, y está rodeado por cimas volcánicas. El lago Petén Itza es el cuarto lago en importancia, está localizado en el Departamento de Petén. Cubre aproximadamente 100 kilómetros cuadrados y está a una elevación de 110 metros sobre el nivel del mar. El Lago de Amatitlán, es el quinto lago y está localizado aproximadamente a 20 kilómetros al sur de la ciudad de Guatemala. Cubre un área de 15 kilómetros cuadrados y está a 1,186 metros sobre el nivel del mar. Este lago es el que recibe aproximadamente la mitad de los efluentes domésticos e industriales de la ciudad de Guatemala, los cuales son transportados al lago por el Río Villalobos. Debido a su condición de contaminación el Lago Amatitlán está considerado como un lago muerto.

El embalse de Chixoy, es el embalse más grande de Guatemala, tiene una capacidad de almacenaje estimada de 460,000,000 metros cúbicos de agua para ser usado en la generación de energía hidroeléctrica. Este embalse está localizado en el Departamento de Baja Verapaz y captura agua del Río Chixoy. Además del embalse de Chixoy, Guatemala tiene otras cuatro plantas hidroeléctricas grandes. Tres de estas son la de Aguacapa, Jurun Marinala y los

Esclavos no tienen información disponible con relación a la existencia o capacidad de ningún embalse asociado. El cuarto que es el de Santa María, almacena 200,000 Mm^3 del Río Samala y está documentado en la figura C-1 y en la tabla C-1 con el embalse de Chixoy.

Los manglares y los pantanos existen a lo largo de las costas del Pacifico y del Caribe. El agua en estos pantanos es salobre. El área pantanosa más grande se encuentra a lo largo de la Costa del Pacifico en los departamentos de Escuintla y Santa Rosa. Flanquea la ciudad portuaria de Puerto San José. Si nos extendemos a lo largo de esta área pantanosa existe una vía navegable llamada el Canal de Chiquimulilla. Otra área extensa y húmeda a lo largo de la costa del Pacifico se encuentra cerca de la frontera con México en los departamentos de Retalhuleu y San Marcos. Esta área está dentro de la Reserva Natural de El Manchon y está bajo protección ecológica.

4. Deforestación

Un problema ecológico grande que está afectando adversamente los recursos de agua superficial es la rápida deforestación. Ambos sectores el comercial y el privado contribuyen a la deforestación. Con un porcentaje de 1.5 por ciento Centro América fue calificada con el segundo lugar mas alto en deforestación, esto en los años de 1980. De acuerdo con el Plan de Acción Forestal para Guatemala, desde 1992 la deforestación se ha estimado en 90,000 hectáreas por año. Hasta 1996 en el departamento de Petén se encontraban aproximadamente el 57 por ciento de los bosques del país, seguidos por Quiché con el 9 por ciento y por Izabal con el 6 por ciento. En 1980 se estimaba que el 51.2 por ciento del país estaba cubierto de bosques; en 1992 se estimaba que era nada más el 31 por ciento. Un programa está actualmente siendo implementado para poder determinar los grados de deforestación en forma más precisa usando imágenes de satélite. El Instituto Nacional de Bosques (INAB) tiene leyes con respecto a la deforestación, pero estas no son aplicadas. INDE recibió 14 millones de dólares para el manejo de la cuenca del Lago Chixoy. Sin embargo, debido a los factores ecológicos y la tremenda escala del problema de la deforestación, los esfuerzos del INDE están teniendo impactos mínimos. El manejo integral de las cuencas se necesita para controlar la deforestación y la erosión y la sedimentación resultantes de esta.[41,43,43,44]

La remoción de los arboles y de la vegetación permiten el aumento y la rapidez en los escurrimientos de lluvia. Un escurrimiento más rápido causa el incremento rápido de las aguas que entran en los arroyos, dando como resultado que los niveles de agua aumenten rápidamente y a tener descargas máximas más grandes. También ocasiona que menos cantidad de agua se infiltre en el suelo para recargar los acuíferos. La falta de recursos de agua estables causa que los arroyos se sequen al comienzo de la estación seca. La deforestación también ha sido asociada con los cambios en los patrones de las lluvias.

La deforestación combinada a las presiones agrícolas en las granjas marginales, acelera la erosión del suelo, esto a su vez aumenta el volumen de sedimento cargado por los arroyos y degrada la calidad del agua de las áreas altas y aguas abajo. Todos los arroyos contienen grandes cargas de sedimento debido a la erosión en las partes altas de las cuencas. El fango de las pendientes erosionadas tapa los arroyos, los canales de drenaje, los embalses y sistemas de distribución de agua, dando como resultado que los costos de mantenimiento y operación se elevan. A medida que la erosión aumenta, el régimen hidráulico del río se volverá más empinado, esto aumenta la cantidad de escurrimiento y disminuye la cantidad de infiltración. Esto puede ocasionar que el régimen hidráulico del flujo y el total de descarga del río se vean permanentemente alterados. El grado, volumen y las cargas de sedimento pueden causar complicaciones en los bosques, agricultura y en las actividades aguas abajo. Cada año que pasa los ríos y los arroyos fluyen más como torrentes y menos como ríos permanentes y estables. Por lo tanto, el agua superficial que se usa para suministro de agua para la población en aumento está disminuyendo cada vez más y consecuentemente menos cantidad de agua está disponible cuando se necesita durante la estación seca. La disponibilidad de agua superficial ha disminuido de 60 a 70 por ciento durante los últimos 40 años, principalmente debido a la deforestación y al aumento de la población. Para todas las áreas los valores

actuales de descarga son probablemente más grandes que los registrados en la historia, ya que las pérdidas por evapotranspiración e infiltración son menores con una densidad de vegetación menor, resultando en escurrimientos más grandes.

La deforestación también constituye un problema social y económico. La población ha tenido una mentalidad de “cortar y quemar” durante generaciones. Fueron enseñados a usar los arboles y el agua, la conservación no está dentro de su cultura. Las áreas rurales no tienen acceso a electricidad para cocinar y tampoco tienen los medios para pagar por fuentes alternativas de combustible. Por lo tanto, cortan los arboles para sacar leña para usos domésticos, esto contribuye a la deforestación. Proporcionar gas como una fuente alternativa de combustible en las áreas rurales costaría alrededor de 300 millones de dólares al año para poder sustituir la dependencia de la leña.

5. Manejo de la Cuenca del Lago de Amatitlán

La agencia Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago Amatitlán (AMSA) es una agencia bien manejada que ha estado operando desde 1996. AMSA es la agencia que maneja la cuenca del Lago de Amatitlán, que es la primera cuenca del país que está siendo manejada. Aproximadamente el 50 por ciento de la ciudad de Guatemala recae dentro de esta cuenca la cual tiene un área de 381 kilómetros cuadrados. Los planes son de empezar a manejar más cuencas, a medida que los fondos estén disponibles, la cuenca de Izabal será la siguiente en manejarse seguida por la cuenca del Lago de Atitlán. Los futuros programas para manejo de las cuencas serán diseñados tomando como modelo el programa de AMSA. El objetivo principal de AMSA es controlar la calidad de agua en los ríos.

El Lago de Amatitlán está considerado como un “lago muerto”. En este no se permite nadar, pescar o ningún tipo de contacto con el agua es permitido. El lago recibe aproximadamente el 50 por ciento de todo el afluente doméstico e industrial de la ciudad de Guatemala por vía del Río Villalobos. El Lago de Amatitlán se descarga en el Río Michatoya y después en el Océano Pacifico. (Se considera que el Río Villalobos, Lago de Amatitlán y el Río Michatoya están severamente contaminados). En 1994, la cuenca del lago de Amatitlán tenía 1.1 millones de habitantes. Se estima que aproximadamente 22,000,000 metros cúbicos de aguas negras son descargados en su cuenca, así como también 75,500 toneladas de desechos sólidos y 500,000 toneladas de sedimento. Con 800 industrias en 1998, la cuenca también está altamente industrializada. Además de las descargas de aguas negras debidas al incremento de la población y las numerosas industrias, el uso extenso de químicos contribuye a la contaminación del lago y a la degradación de la flora y fauna. Unicamente 7 de las 36 plantas de tratamiento de aguas negras en la cuenca están en operación. La restauración del sistema de tratamiento de aguas negras está actualmente en desarrollo. Tierra y arena predominantemente de ceniza volcánica y roca que se ha lavado de la tierra han sido gradualmente depositadas en el lago. Flujos torrenciales de aguas lluvias en los suelos tributarios que están propensos a la erosión y además cantidades considerables de suelo superficial en los ríos y otras vías navegables eventualmente son llevadas hacia el lago.

Si los esfuerzos actuales para restaurar el Lago de Amatitlán no funcionan, se estima que para el año 2020, el lago estará completamente lleno de desechos y otros.[45]

B. Recursos de Agua Subterránea

El agua dulce proveniente de pozos y fuentes constituye un recurso esencial y a la vez grande de suministro de agua para el consumo. El agua proveniente de pozos y vertientes se usa para propósitos agrícolas, industriales, públicos y privados. Sin embargo, la disponibilidad de agua subterránea es altamente variable. El continuo acceso a esta y el desarrollo de suministros de agua subterránea confiables y seguros son asuntos importantes que involucran al gobierno de Guatemala así como también a muchas organizaciones internacionales y privadas.

El agua subterránea es generalmente abundante en acuíferos sedimentarios a través de las planicies, valles y tierras bajas del país. Sin embargo, en las áreas montañosas la

disponibilidad de agua dulce varía considerablemente de localmente abundante a inadecuada para su uso. Los dos acuíferos más productivos son el aluvial de la planicie costera del Pacifico y el cárstico de piedra caliza que se extiende por debajo de la Sierra de los Cuchumatanes, Sierra de Chama y las tierras bajas del Petén. Otros acuíferos más pequeños son importantes localmente. Las montañas de Guatemala tienen muchos tipos de acuíferos, incluyendo acuíferos cársticos y de piedra caliza fracturados; acuíferos volcánicos piroclasticos y con depósitos de lava, permeables sedimentarios, ígneos y metamórficos. Las planicies aluviales, valles y tierras bajas constituyen el 50 por ciento del país pero contienen aproximadamente el 70 por ciento de las reservas de agua subterránea disponibles. (ver apéndice C, figura C-2, y unidades de mapa 1, 2 y 6).

Las áreas aluviales (unidades de mapa 1 y 6) constituyen aproximadamente el 20 por ciento del país y contienen aproximadamente el 40 por ciento de las reservas de agua subterránea disponible. Las áreas que contienen acuíferos cársticos y de piedra caliza fracturada (unidad de mapa 2) constituyen aproximadamente el 30 por ciento del país y se estima que contienen el 30 por ciento de las reservas subterráneas disponibles. Las áreas que contienen acuíferos formados de depósitos volcánicos piroclasticos y flujos de lava (ver unidad de mapa 3) constituyen el 20 por ciento del país y contienen aproximadamente el 20 por ciento de las reservas de agua subterránea disponibles. Los acuíferos que poseen una permeabilidad pobre (unidades de mapa 4 y 5) constituyen aproximadamente el 30 por ciento del país y más o menos 10 por ciento de las reservas de agua subterránea disponibles.

La deforestación tiene un impacto negativo en los recursos de agua subterráneos del país reduciendo la cantidad de agua que recarga los acuíferos, dando como resultado niveles de agua más bajos. La mayoría de las bombas de mano no pueden bombear agua a profundidades mayores de 91 metros.

Aunque el agua subterránea es generalmente más segura que los suministros de agua superficial que no han sido tratados, muchos acuíferos poco profundos en las cercanías de áreas populosas están biológicamente contaminados, principalmente debido a la disposición inadecuada de los desechos. Todos los pozos en el valle del Río Motagua se consideran biológicamente contaminados. Este es el resultado combinado de las inundaciones causadas por Huracán Mitch y las condiciones pre-existentes provenientes del uso de químicos agrícolas y la inadecuada disposición de los desechos. La mayoría de los pozos poco profundos en la planicie costera del Pacifico también están contaminados.

1. Definición y Características de un Acuífero

Para poder entender como funciona la hidrogeologia del agua subterránea y donde pueden ser localizadas las fuentes de agua, a continuación presentamos una corta definición de lo que es un acuífero y sus características seguidas por atributos específicos del país.

Los suministros de agua subterránea se desarrollan de los acuíferos, estos son lechos saturados o formaciones (individuales o grupos), que producen agua en suficientes cantidades como para ser utilizadas económicamente. Para que una formación geológica sea un acuífero necesita poseer poros o espacios abiertos (intersticios) que estén llenos con agua, estos intersticios deben ser lo suficientemente grandes para poder transmitir el agua hacia los pozos a un ritmo que se pueda utilizar. Nos podemos imaginar un acuífero como un embalse natural muy grande o un sistema de embalses en las rocas 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 sedimento dentro del hueco, en cualquier ubicación. Un acuífero puede existir en muchos tipos de ambientes geológicos, para nombrar algunos podrían darse en poros integrados en arena y grava no consolidada, fracturas congeladas en basaltos, cavidades en piedra caliza y juntas sistemáticas y fracturas en roca ígnea y metamórfica. Desafortunadamente, las masas de rocas son raramente homogéneas, y los tipos de roca adyacente pueden variar significativamente en su habilidad de retener el agua. En algunas masas de roca, como lo serian algunos tipos de sedimentos consolidados y roca

volcánica, el agua no puede fluir en su mayor parte a través de la masa; el único flujo de agua suficiente como para producir cantidades utilizables de agua es el que pasa a través de las fracturas o de las juntas en las rocas. Por lo tanto, si perforamos un hueco en una ubicación particular y la formación de roca por abajo (lecho de la roca) es demasiado compacta (consolidada con muy poca permeabilidad) para transmitir el agua a través de los poros y el lecho de roca no está fracturado, entonces se producirá muy poco o nada de agua. Además, si un hueco se perfora en un lugar donde el lecho de la roca es compacto y la roca altamente fracturada con agua que fluye a través de las fracturas, entonces el hueco podría producir suficiente agua que puede ser utilizada económicamente.

Ya que es difícil o imposible predecir ubicaciones precisas que tendrán fracturas en el lecho de la roca, se pude utilizar el análisis fotográfico para ayudarse en la selección de las ubicaciones más adecuadas para los pozos. Existen otros métodos disponibles pero son por lo general más caros. Los geólogos usan la fotografía aérea en combinación con otras fuentes de información para poder levantar litologías, errores, trazos de fracturas y otras cosas que podrían ayudar en la selección de los sitios para los pozos.

Los pozos localizados en fracturas de rocas duras, especialmente en las intersecciones de las fracturas generalmente tienen mayores producciones. Ubicar correctamente un pozo en una fractura es determinante y no solamente hará la diferencia entre producir grandes o pocas cantidades de agua, pero potencialmente hará la diferencia entre producir algo de agua y nada de agua. La verificación en el sitio de las probables fracturas aumenta las posibilidades de ubicar pozos acertadamente.

En general, el nivel freatico de agua superficial es análogo pero considerablemente más plano que la topografía de la superficie del suelo. Las elevaciones del agua subterránea son típicamente un poco más altas que la elevación del cuerpo de agua superficial 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 las áreas de altas descargas. Durante la estación seca, el nivel freatico del agua cae significativamente y puede ser marcado por la sequía de muchos cuerpos de agua superficiales pequeños que son alimentados por agua subterránea. Esta baja puede estimarse basándonos en la elevación del terreno, en la distancia a la cual se encuentra el arroyo o lago perenne más cercano y en la permeabilidad del acuífero. Las áreas que tienen las bajas más grandes en el nivel freatico del agua durante la estación seca son aquellas que tienen elevaciones altas y que están lejos de los arroyos perennes y están compuestas de material fracturado. En general, algunas de estas condiciones pueden aplicarse para calcular el descenso en la cantidad de agua que se anticipa al bombearse los pozos.

2. Hidrogeología

Las variaciones en las estructuras geológicas, geomorfologicas, tipos de roca y precipitación contribuyen a las variantes condiciones del agua subterránea en las diferentes partes del país. Los principales sistemas de acuíferos son los aluviales (ver unidad de mapa 1 y 6); cársticos y altamente fracturados de piedra caliza (unidad de mapa 2); y acuíferos consistentes de ceniza volcánica; escoria y flujos de lava (unidad de mapa 3). Otros acuíferos consisten de depósitos ígneos y metamórficos (unidad de mapa 4) y depósitos sedimentarios de areniscas interestratificadas, conglomerado, piedra caliza y poco profundos con baja permeabilidad (unidad de mapa 5).

En las planicies, tierras bajas y los valles, la profundidad al agua es generalmente menor de 50 metros. En las montañas, la profundidad al agua es generalmente menor de 150 metros pero localmente puede ser tan grande como 300 metros. En muchas áreas, la profundidad al agua puede ser demasiado profunda para que su uso resulte económico. Las fluctuaciones estacionales en el nivel freatico del agua pueden ser mayores de 5 metros. Los acuíferos en las montañas son generalmente recargados por la lluvia, mientras que los acuíferos en las tierras bajas son recargados por acuíferos que se originan en las montañas y por la lluvia.[46]

El acceso a los pozos es generalmente difícil en todo el país. En el norte, la ubicación y la perforación de pozos es difícil debido a la topografía cárstica del suelo, densa vegetación y falta de caminos. Los pantanos están presentes a lo largo de la planicie de la costa del Pacifico y el Golfo de Honduras. En la parte sur del país, las pendientes empinadas de las montañas hacen de la exploración de agua subterránea una tarea difícil. La planicie de la costa del Pacifico y el valle del Río Motagua son fácilmente accesibles durante la estación seca de Noviembre a Abril.

Los pozos en todas las áreas deberían tener tuberías de revestimiento y poseer cernidores especialmente donde los acuíferos se componen de sedimentos no consolidados o de ceniza volcánica.

a. Acuíferos Aluviales (unidades de mapa 1 y 6)

El agua dulce es generalmente abundante en acuíferos productivos de la era Cuaternaria localizados en la planicie aluvial de la costa del Pacifico, al noroeste de las tierras bajas del Petén, y en ríos grandes en los valles (unidad de mapa 1). La planicie costera del Pacifico tiene un ancho de 20 a 60 kilómetros. El agua subterránea en los depósitos aluviales se encuentra generalmente en depósitos de arena no consolidaba y grava que están mezclados con sedimentos y barro a profundidades menores de 10 metros.

El agua de salobre a salina es generalmente abundante proveniente de acuíferos aluviales cerca de la costa (unidad de mapa 6). Lentes delgados de agua dulce pueden flotar en el agua salina en muchos lugares. Sin embargo, el sobre bombeo de estos acuíferos puede resultar en la intrusión de agua salada en ellos.

b. Acuíferos Cársticos de Piedra Caliza (unidad de mapa 2)

El agua dulce es localmente abundante en acuíferos cretáceos y cársticos y de piedra caliza fracturada. Los acuíferos de piedra caliza se encuentran principalmente en las tierras bajas del Petén, tierras altas del Petén, Sierra de los Cuchumatanes, Sierra de Chama y Sierra de Santa Cruz. A través del tiempo la circulación del agua subterránea ha causado la disolución de la piedra caliza en esta región. Como resultado se ha dado el ensanchamiento de los huecos en forma de cavidades, las juntas se han ensanchado, y se han dado fracturas en la sub-superficie. La roca que está por debajo de estos grandes huecos algunas veces se derrumba formando huecos en la superficie. Localmente a estos huecos se les llama cenotes. Estas características que se dan extensamente en estos lugares, los convierte en buenas ubicaciones para la producción potencial de agua subterránea. Los acuíferos por debajo de estos sitios pueden proporcionar de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce, aunque el agua salobre está presente localmente cuando el sulfato de calcio se mezcla con las piedras calizas.[47] Los niveles de agua están sujetos a grandes variaciones en las estaciones seca y lluviosa. Se deberá ser cauteloso durante la exploración de agua subterránea en áreas carsticas ya sea para evitar las cámaras subterráneas o anticiparse a ellas y estar preparados para su existencia.

c. Acuíferos Volcánicos Piroclasticos y de Lava (unidad de mapa 3)

El agua dulce es localmente abundante en los acuíferos Cuaternarios y Terciarios formados de lava y piroclasticos. El agua subterránea tiende a ser alta en cloruros y sulfatos ya que estos acuíferos están formados principalmente de lava volcánica y sedimentos tales como ceniza, arena y escorias que son elementos de los depósitos volcánicos. Los acuíferos volcánicos se encuentran en el norte de las planicies costeras en la faja volcánica del Pacifico que se extiende a través de las tierras altas centrales. Estos acuíferos son los más importantes en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala. Las tufas de la era Terciaria y los depósitos de lava constituyen los acuíferos más productivos de los depósitos volcanicos.[48] De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles desde estos acuíferos volcánicos a profundidades generalmente menores de 150 metros.

d. Otros Acuíferos (unidades de mapa 4 y 5)

El agua dulce es localmente abundante en areniscas interestratificadas de la era Terciaria y Cretácea, en conglomerados, piedra caliza y lajilla. El agua subterránea proviene primordialmente de fisuras, lechos, juntas y espacios entre los poros. Debido a la baja permeabilidad de este acuífero, esta unidad no se considera un acuífero regional. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua están disponibles localmente en los acuíferos sedimentarios.

El agua dulces es localmente abundante en ígneas de baja permeabilidad de la era Paleozoica, y en acuíferos metamórficos y metasedimentarios localizados en las tierras altas centrales en un diámetro de 20 a 60 kilómetros de ancho que se extiende a lo largo del país de este a oeste. Estas rocas duras y densas elaboran acuíferos muy pobres. Estos no son lugares favorables para la producción del agua subterránea excepto en los lugares donde están altamente fracturados o impactados por el clima. Sin embargo, de escasas a pequeñas cantidades de agua dulce subterránea están localmente disponibles en estos acuíferos.

C. Calidad del Agua

La calidad del agua superficial a través de Guatemala representa una preocupación que va en aumento. El agua superficial se considera dulce, excepto a lo largo de la costa, donde la calidad gradualmente cambia a salobre y finalmente a salina. Problemas de sedimentación que resultan de la deforestación ocurren a lo largo del país. La contaminación biológica y química ocurre en intensidades variadas a lo largo del país, Los sistemas de aguas negras en los centros principales de población son inadecuados o no existen, las descargas crudas van directamente a los arroyos locales. Durante la época lluviosa, las enfermedades como el cólera aumentan debido a que las bacterias se esparcen a través de estas fuentes de agua superficial contaminadas.

Con excepción del agua subterránea salobre o salina que se encuentra cerca de las costas del Pacifico y del Caribe, el agua subterránea es adecuada para la mayoría de los usos. La contaminación química y biológica ocurre en acuíferos no confinados y poco profundos cercanos a centros poblacionales.

La contaminación química proveniente de la agricultura es también una fuente mayor de contaminación de agua superficial y subterránea y causa la degradación de los ríos y arroyos. La planicie costera del Pacifico y el valle del Río Motagua son las áreas agrícolas que poseen la mayor concentración de contaminación agrícola. En estas áreas, los recursos de agua superficial y los acuíferos de agua subterránea están contaminados.

1. Agua Superficial

La calidad de los recursos de agua superficial es generalmente dulce con excepción de las áreas a lo largo de la costa del país. Sin embargo, basándonos en normas biológicas y químicas establecidas, todos los cuerpos de agua del país deberán considerarse contaminados. En áreas agrícolas, los pesticidas representan la primera fuente de contaminación. Las aguas negras provenientes de la ciudad de Guatemala han hecho que el Río Villalobos, que recibe el 60 por ciento de las aguas negras; y del Río Las Vacas, que recibe el 40 por ciento restante, los ríos más contaminados del país. El Río Las Vacas drena en el Río Motagua y lo contamina así como también contamina todos los puntos aguas abajo. El Río Motagua ha contribuido a la contaminación de los acuíferos altos en su planicie de inundación baja, durante periodos de inundaciones. La mayoría de los pozos poco profundos y cavados a mano en estas áreas están biológica y químicamente contaminados. El Río Villalobos eventualmente drena en el Lago de Amatitlán que también está severamente contaminado. El Río Michatoya, que drena el Lago de Amatitlán, está también severamente contaminado en toda su extensión. El Río Samala que drena la ciudad de Quezaltenango está severamente contaminado con contaminación biológica e industrial. El Río Guacalate y otros arroyos menores, que drenan la ciudad de Escuintla, están severamente contaminados por desechos

biológicos e industriales. Unos pocos arroyos que se originan cerca de los volcanes contienen gran cantidad de cloruros y sulfatos. A lo largo del país, pero especialmente en el noroeste, la deforestación ha resultado en un aumento de sedimentación en los arroyos y en la degradación en la calidad del agua. Los arroyos del Petén en el norte de Guatemala cargan pequeñas cantidades de material flotando esto debido principalmente a la falta de intervención humana. Sin embargo, el agua en esos arroyos del norte tiende a ser moderadamente dura debido al carbonato de calcio y al ambiente cárstico, especialmente en al estación seca cuando los flujos más bajos tienden a concentrar los elementos. Algunos arroyos que fluyen en estas áreas que están tapizadas de sulfato de calcio llevan grandes cantidades de sulfatos. A lo largo de ambas costas hay arroyos, y pantanos que contienen gran cantidad de agua salobre o salina. A menos que sean tratadas estas fuentes no son aceptables para la mayoría de los usos.

2. Agua Subterránea

La contaminación biológica debido a patógenos en los acuíferos poco profundos es por la inadecuada disposición de desperdicios humanos y animales, esto constituye un problema en muchas áreas populosas y agrícolas del país. La contaminación química se relaciona principalmente al uso de fertilizantes y pesticidas en las plantaciones de caña de azúcar y bananos en las planicies del Pacifico y del Caribe. Los acuíferos altos en la mayoría de las áreas urbanas están contaminados por muchas razones. En la ciudad de Guatemala, el agua lluvia que no ha sido tratada se inyecta en los acuíferos altos en un intento de recargar el suministro de agua de la ciudad. El deslizamiento de los compuestos solubles del agua provenientes de los campos de la ciudad de Guatemala ha contaminado severamente los acuíferos locales. Generalmente solamente los acuíferos profundos y confinados deben ser considerados seguros de estar libres de la contaminación biológica y química. Todos los pozos en el valle del Río Motagua se considera que están biológicamente contaminados.

Durante la estación seca, los pozos poco profundos en las tierras altas interiores se pueden secar hasta que la suficiente recarga en el acuífero ocurra. La intrusión de agua salada, lo cual actualmente no es un problema en las zonas costeras, podría ocurrir en el futuro si los pozos costeros son sobre bombeados. El agua debe ser cuidadosamente analizada antes de ser consumida o usada.

V. Resumen de los Recursos de Agua por Departamento

A. Introducción

Este capítulo presenta un resumen de la información de los recursos de agua de Guatemala, esta información puede ser útil a los planificadores del suministro de agua como un panorama general del país con respecto a los recursos de agua disponibles. La figura C-1, Recursos de Agua Superficial, divide el país en categorías de agua superficial identificadas como unidades de mapa de la 1 a la 5. La tabla C-1, que complementa la figura C-1, detalla la cantidad, calidad y las características principales del suministro de agua dentro de cada unidad de mapa y describe el acceso a estos recursos de agua. La figura C-2, Recursos de Agua Subterránea, divide el país en categorías de agua subterránea, las cuales se identifican como unidades de mapa de la 1 a la 6. La tabla C-2 que complementa la figura C-2, detalla las características predominantes del agua subterránea de cada unidad de mapa incluyendo la composición del acuífero, el espesor del acuífero, la producción, calidad y profundidad al agua. Un resumen basado en estas figuras y tablas se proporciona para cada uno de los 22 departamentos.

B. Condiciones de Agua por Unidad de Mapa

La figura C-2 divide el país en cinco categorías de unidades de mapa basándose en la cantidad, calidad del agua y a su disponibilidad de acuerdo a la estación. La unidad de Mapa 1, nos muestra las áreas donde el agua dulce superficial está perennemente disponible en

cantidades de grandes a enormes. Las unidades de Mapa 2 y 3 nos muestra las áreas donde el agua dulce superficial es estacionalmente abundante en pequeñas a grandes cantidades durante flujos altos. Las unidades de Mapa 4 y 5 nos muestra las áreas donde el agua dulce superficial es escasa o no la hay, en cambio de mínimas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están perennemente disponibles. La figura C-1 también divide el país en tres cuencas de drenaje. Varías cuencas de ríos limítrofes cruzan los departamentos y las fronteras internacionales. Los sitios de algunas estaciones de aforo también se muestran en la figura C-1.

La figura C-2, divide el país en seis categorías de unidades de mapa basándose en la cantidad y calidad del agua y en las características del acuífero. La unidad de mapa 1 muestra las áreas donde el agua dulce subterránea es generalmente abundante en muy pequeñas a muy grandes cantidades. Estas áreas parecen ser, a escala de país, las áreas más favorables para ser exploradas. Las unidades de mapa 2,3,4 y 5 muestran áreas donde el agua dulce subterránea es localmente abundante, en un rango de escasas a muy grandes cantidades. En el ámbito local estas áreas pueden ser apropiadas para la exploración de agua subterránea pero requerirán de investigaciones adicionales especificas del lugar. La unidad de mapa 6 muestra las áreas donde el agua dulce es escasa o no la hay, y muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua de salobre a salina pueden estar disponibles. A escala del país, la unidad de mapa 6 parece ser el área menos apropiada para la exploración de agua subterránea.

La calidad y cantidad del agua dulce y del agua subterránea se describe para cada departamento por medio de los siguientes términos:

Términos Cuantitativos del Agua Superficial:

Enormes	= > 5,000 metros cúbicos por segundo (m^3/s)(176,550 pies cúbicos por segundo(ft^3/s))
Muy Grande	= > 500 a 5,000 m^3/s (de 17,655 a 176,550 ft^3/s)
Grande	= > 100 a 500 m^3/s (de 3,530 a 17,655 ft^3/s)
Moderada	= > 10 a 100 m^3/s (de 350 a 3,530 ft^3/s)
Pequeñas	= > 1 a 10 m^3/s (de 35 a 350 ft^3/s)
Muy Pequeñas	= < 0.1 a 1 m^3/s (de 3.5 a 35 ft^3/s)
Escasas	= > 0.01 a 0.1 m^3/s (de 0.35 a 3.5 ft^3/s)
Inadecuada	= = 0.01 m^3/s (0.35 ft^3/s)

Términos Cuantitativos del Agua Subterránea:

Enormes	= > 100 litros por segundo (L/s)(1,600 galones por minuto (gal/min))
Muy Grande	= > 50 a 100 L/s (de 800 a 1,600 gal/min)
Grande	= > 25 a 50 L/s (de 400 a 800 gal/min)
Moderada	= > 10 a 25 L/s (de 160 a 400 gal/min)
Pequeñas	= > 4 a 10 L/s (de 16 a 60 gal/min)
Muy Pequeñas	= > 1 a 4 L/s (de 16 a 64 gal/min)
Escasas	= > 0.25 a 1 L/s (de 4 a 16 gal/min)
Inadecuada	= = 0.25 L/s (4 gal/min)

Términos Cuantitativos:

Agua Dulce	= máximo TSD = 1,000 miligramos por litro (mg/L); máximo de cloruros = 600 mg/L; máximo de sulfatos (SO_4) = 300 mg/L
Agua Salobre	= máximo TSD > 1,000 mg/L, pero = 15,000 mg/L
Agua Salina	= TSD > 15,000 mg/L

C. Condiciones del Agua por Departamento

La siguiente información fue recopilada para cada departamento de las figuras C-1 y C-2 y de las tablas C-1 y C-2. La narración de cada departamento consiste de un resumen general y regional de los recursos de agua superficial y subterránea, derivados de una panorámica de

escala del país. Localmente las condiciones escritas pueden diferir. Los resúmenes de los departamentos pueden ser usados en conjunto con las figuras C-1 y C-2 y las tablas C-1 y C-2. Información adicional es necesaria para describir adecuadamente los recursos de agua de un departamento en particular o de una región. La información especifica con respecto a los pozos era muy escasa y en algunas áreas no había. En todas las áreas donde los pozos de bombas manuales y tácticos parecen ser adecuados, se deberán investigar las condiciones locales antes de comenzar el programa de perforación.

Departamento de Alta Verapaz

Area y Extensión Relativa:	8,726 kilómetros cuadrados (8 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 97,572 Rural: 552,554 Total: 650,126 (6.5 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	74.5 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Cobán
Ubicación:	Localizado en la parte central del país, rodeado por los departamentos de Petén en el norte; Izabal al este, Zacapa al sudeste, El Progreso al sur, Baja Verapaz al sudoeste y Quiche al oeste.

Agua Superficial:

Grandes cantidades de agua dulce están disponibles todo el año provenientes de las áreas marcadas en la unidad de mapa 1, en la esquina noroeste a lo largo del Río Chixoy y en la sección central este a lo largo del río Polochic. El acceso a estas áreas es difícil debido a la falta de caminos, especialmente en la sección noroeste.

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles del Río Cahabon, Río Polochic, Río Sarstun y del Río Chixoy que se muestran en la unidad de mapa 2. Estas cantidades se vuelven pequeñas o escasas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa las secciones central, oriental y noreste del departamento e incluye la capital del departamento que es Cobán. La unidad de mapa 3 proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas del Río Polochic, Río Sarstun, Río Cabahon y el Río Zarco, esto durante la estación lluviosa. Las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está en las secciones central norte y central sur del departamento.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos de piedra caliza de la Sierra Chama, tal como está marcado en la unidad de mapa 2, y también los acuíferos aluviales a lo largo del Río Polochic, tal como está marcado en la unidad de mapa 1. Coban, la capital del departamento se encuentra en la unidad de mapa 2. El agua dulce subterránea está localmente disponible en cantidades de escasas a muy grandes en la unidad de mapa 2, la cual cubre casi la mitad del departamento. El acceso a esta área puede ser un problema debido a las pendientes empinadas, la densa vegetación y las áreas cársticas. Aproximadamente el 10 por ciento del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 1 donde de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua subterránea son generalmente abundantes provenientes de los acuíferos aluviales. Estos acuíferos están localizados en el sudeste a lo largo del Río Polochic y son apropiados para perforación de pozos de bombas manuales y tácticos.

Las unidades de mapa 4 y 5 ocupan casi la mitad del departamento. La unidad de mapa 5 está presente en áreas dispersas a través del departamento y posee acuíferos sedimentarios que localmente producen de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea. La unidad de mapa 4 localizada en los extremos sur y este del departamento, consiste de acuíferos ígneos y metamórficos. Debido a la baja permeabilidad de estos acuíferos, la exploración de agua no se recomienda durante ejercicios militares sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Baja Verapaz

Area y Extensión Relativa:	3,124 kilómetros cuadrados (3 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 38,516 Rural: 161,504 Total: 200,020 (2 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	64 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Salama
Ubicación:	Localizado en región central de las tierras altas del país, rodeado por los departamentos de Alta Verapaz al noreste, El Progreso al sudeste, Guatemala al sur, Chimaltenango al sudoeste y Quiche al noroeste.

Agua Superficial:

El embalse de Chixoy que está localizado a lo largo del límite este del departamento, tiene la capacidad de proporcionar enormes cantidades de agua dulce. Este embalse es el más grande del país y proporciona energía hidroeléctrica. Se considera contaminado y se está llenando rápidamente de sedimentos provenientes de los arroyos que pasan a través de las áreas deforestadas del país. El acceso es difícil debido a la falta de caminos y a lo empinado del terreno que rodea el embalse.

El departamento se divide en forma uniforme entre las unidades de mapa 2 y 3. Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en el Río Motagua, en la unidad de mapa 2. Estas cantidades se vuelven pequeñas o moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa las secciones noroeste, sur y extremo noreste del departamento. La unidad de mapa 3,que ocupa el resto del departamento, proporciona pequeñas cantidades de agua durante el invierno, estas provenientes de las extensiones altas del Río Matanzas, estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está localizada en las secciones central-norte y central del departamento. La capital del departamento es Salama y se encuentra en esta unidad de mapa.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua son los acuíferos cársticos de piedra caliza en la unidad de mapa 2 que están cerca de Salama y también los acuíferos volcánicos de las tierras altas centrales en la unidad de mapa 3. El agua dulce subterránea está localmente disponible de escasas a muy grandes cantidades en la unidad de mapa 2, que cubre aproximadamente el 10 por ciento del departamento. La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 20 por ciento de la parte norte del departamento. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles localmente provenientes de los acuíferos volcánicos. El acceso puede representar un problema debido a las empinadas pendientes, la densa vegetación y las condiciones poco estables del suelo. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos. La capital del departamento es Salama y se encuentra en la unidad de mapa 3.

La unidad de mapa 4 ocupa el resto del departamento. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin antes hacer un reconocimiento especifico.

Departamento de Chimaltenango

Area y Extensión Relativa:	1,973 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 150,934 Rural: 223,964 Total: 374,898 (4 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	190 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Chimaltenango
Ubicación:	Localizado en la Sierra Madre, rodeado por los departamentos de Baja Verapaz al noreste, Guatemala al este, Sacatepequez al este, Escuintla al sur, Solola al oeste y Quiche al noroeste.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, de moderadas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en las áreas de la unidad de mapa 2, en la parte norte del departamento, proveniente del Río Pixcaya. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. El acceso al lugar es difícil debido a lo empinado del terreno y a la falta de caminos transitables.

Las áreas de la unidad de mapa 3 están localizadas en la mitad sur del departamento y proporcionan pequeñas cantidades de agua durante la estación lluviosa. Estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 4 ocupa la parte central del departamento e incluye la capital del departamento Chimaltenango. De escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles de Mayo a Octubre provenientes de arroyos. Las cantidades disminuyen durante el resto del año.

Agua Subterránea:

La mayor parte del departamento se encuentra en la unidad de mapa 3 en la Sierra Madre. El agua dulce está localmente disponible en cantidades de muy pequeñas a grandes, proveniente de acuíferos volcánicos. La capital del departamento Chimaltenango se encuentra en está unidad de mapa. El acceso puede significar un problema debido a lo empinado de las pendientes, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos que se encuentran en esta unidad de mapa, la exploración del agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Chiquimula

Area y Extensión Relativa:	2,376 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 66,512 Rural: 201,867 Total: 268,379 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	113 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Chiquimula
Ubicación:	Localizado en la parte este del país en la Sierra Madre, rodeado por las fronteras de Honduras al este y la de El Salvador al sudeste y por los departamentos de Jutiapa al sur, Jalapa al oeste y Zacapa al norte.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes del Río Grande de Zacapa en la unidad de mapa 2. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa la parte norte del departamento e incluye la capital departamental de Chiquimula. El acceso es difícil debido a lo empinado del terreno y la falta de caminos transitables.

La unidad de mapa 3 está localizada en la mitad sur del departamento, proporciona pequeñas cantidades de agua durante la estación lluviosa, en los meses de Mayo a Octubre. Las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 4 ocupa el área restante, la cual es ligeramente mayor que un tercio de la parte central del departamento. Generalmente de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de arroyos durante los meses de Mayo a Octubre. Las cantidades disminuyen durante el resto del año.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son las áreas de los acuíferos aluviales localizados en la unidad de mapa 1, estos están en la parte norte del departamento. El agua subterránea dulce está disponible generalmente en muy pequeñas a muy grandes cantidades en esta unidad de mapa, la cual cubre aproximadamente el 10 por ciento del departamento. La unidad de mapa 2 tiene acuíferos cársticos de piedra caliza que también cubren aproximadamente el 10 por ciento del departamento. Estos acuíferos producen localmente de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce. Estas áreas son favorables para la exploración de agua subterránea y son apropiadas para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento, Chiquimula se encuentra en la unidad de mapa 1.

La unidad de mapa 3 ocupa aproximadamente el 40 por ciento del departamento, donde de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles localmente provenientes de acuíferos volcánicos. Sin embargo el acceso al lugar puede representar un problema debido a las pendientes empinadas, a la densa vegetación y a las condiciones inestables del suelo.

En el resto del departamento, la exploración del agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de El Progreso

Area y Extensión Relativa:	1,922 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 32,828 Rural: 82,641 Total: 115,469 (1 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	60 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	El Progreso
Ubicación:	Localizado en la parte central este del país en el valle del Río Motagua, rodeado por los departamentos de Alta Verapaz al norte, Zacapa al este, Jalapa al sur, Guatemala al sudoeste y Baja Verapaz al oeste.

Agua Superficial:

Este departamento se encuentra en las unidades de mapa 2 y 3. Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en dos tercios del departamento, provenientes del Río Motagua, Río San Jerónimo y del Río Los Plátanos que se encuentran en la unidad de mapa 2. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca, de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa la parte sur del departamento. El acceso es fácil debido a la relativa suavidad del terreno y también a que hay caminos transitables. La capital del departamento, El Progreso se encuentra en esta unidad de mapa. La unidad de mapa 3, en la sección norte del departamento, ocupa el resto del departamento. Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas del Río San Jerónimo. Las cantidades disminuyen durante la estación seca.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales en la unidad de mapa 1 localizados a lo largo del Río Motagua. Agua subterránea dulce está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades en esta unidad de mapa, la cual cubre aproximadamente 10 por ciento del departamento. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

Las unidades de mapa 2 y 3 ocupan aproximadamente el 25 por ciento del departamento. Acuíferos cársticos de piedra caliza en la unidad de mapa 2, producen localmente de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua subterránea están disponibles provenientes de los acuíferos volcánicos, pero el acceso a estos lugares puede ser un problema debido a las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

Las unidades de mapa 4 y 5 ocupan el resto del departamento, donde la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar. La capital del departamento El Progreso, se encuentra en las unidades de mapa 2 y 5.

Departamento de Escuintla

Area y Extensión Relativa:	4,385 kilómetros cuadrados (4 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 225,040 Rural: 367,607 Total: 592,647 (6 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	135 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Escuintla
Ubicación:	Localizado en la planicie costera sur, rodeando el Océano Pacifico, con los departamentos de Suchitepequez al oeste, Chimaltenango al noroeste, Sacatepequez al norte, Guatemala al noreste y Santa Rosa al este.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes del Río María Linda, Río Aguacapa, Río Naranjo, Río Achiguate, Río Acome, Río Coyolate, Río Madre Vieja, Río Nahualate, Río Guacalate y del Río Michatoya localizados en la unidad de mapa 2 (aproximadamente dos tercios del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 está en las partes centrales y sur del departamento en la planicie costera de la cuenca del Océano Pacifico. Incluida en esta unidad está la capital del departamento, Escuintla. El Río Naranjo y otros ríos, que drenan Escuintla, están severamente contaminados con desechos orgánicos, biológicos y químicos debido a la inadecuada disposición de estos en la ciudad de Guatemala. El acceso es relativamente fácil debido a la suavidad del terreno y a la existencia de numerosas calles transitables.

Pequeñas cantidades de agua están disponibles de Mayo a Noviembre, provenientes de las extensiones altas del Río Michatoya, Río Achiguate, Río Acome, Río Guacalate, y Río Coyolate en la unidad de mapa 3 (casi un tercio del departamento). Las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está en la sección norte del departamento en las faldas de la Sierra Madre. El agua de salobre a salina en áreas relativamente pequeñas bordeando el océano Pacifico es abundante todo el año, localizada en pantanos costeros, lagunas y cíenagas.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales que se extienden de noroeste a sudeste a lo largo del departamento. La espesura aluvial en el departamento alcanza hasta los 200 metros (m). El agua dulce está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades provenientes de la unidad de mapa 1, que cubre aproximadamente 70 por ciento del departamento. Las producciones de 18 pozos en la planicie aluvial de la Costa del Pacifico es de 10 a 50 litros por segundo (L/s) con un promedio de producción de 20 L/s. La capacidad especifica tiene un rango de 1 a 5 L/s/m. Localmente, las producciones están en el rango de 35 a 95 L/s con capacidades especificas de aproximadamente 2 L/s/m. El TSD de la planicie aluvial de la Costa del Pacifico está en un rango de 150 a 250 miligramos por metro y el pH está dentro del rango de 6 a 7. Estos acuíferos aluviales también son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos. La capital del departamento es Escuintla y está localizada en la unidad de mapa 1.

Muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulces están disponibles locamente provenientes de acuíferos volcánicos en la unidad de mapa 3 (aproximadamente 20 por

ciento del departamento). Sin embargo, pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo impiden el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos.

Muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua salobre a salina están disponibles en acuíferos aluviales en la unidad de mapa 6 en la costa del Pacifico. La exploración del agua subterránea durante ejercicios militares no se recomienda sin antes hacer un reconocimiento específico del lugar debido al alto potencial de encontrar agua de muy pobre calidad.

Departamento de Guatemala

Area y Extensión Relativa:	2,025 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 1,893,646 Rural: 295,006 Total: 2,188,652 (21 por ciento de la población) Es el departamento más poblado en Guatemala
Densidad de la Población:	1,081 personas por kilómetro cuadrado es el departamento más densamente poblado en Guatemala
Capital del Departamento:	Ciudad de Guatemala
Ubicación:	Localizado en la Sierra Madre, rodeado por los departamentos de Baja Verapaz al norte, El Progreso en el noreste, Jalapa al este, Santa Rosa al sudeste, Escuintla al sudoeste, Sacatepequez al oeste, y Chimaltenango al noroeste.

Agua Superficial:

El agua superficial proveniente del Lago de Amatitlán es perennemente abundante en grandes y enormes cantidades. Sin embargo, este lago está severamente contaminado con desechos industriales y biológicos de la ciudad de Guatemala. Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes del Río Aguacapa en la unidad de mapa 2 (casi una tercera parte del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa la parte norte del departamento. El acceso es fácil debido a la red de carreteras. Los ríos que drenan la ciudad de Guatemala se consideran contaminados debido a la inadecuada disposición de las aguas negras y los desechos industriales. Entre estos ríos están el Río Las Vacas y el Río Villalobos. El Río Villalobos fluye al sur de la ciudad descargándose en el Lago de Amatitlán y causando contaminación extrema en el lago. El Río Michatoya el cual fluye al sur del Lago de Amatitlán hacia el Departamento de Escuintla está también severamente contaminado.

Durante la estación lluviosa, pequeñas cantidades de agua están disponibles provenientes del Río Michatoya en la unidad de mapa 3 (aproximadamente un tercio del departamento en el sur), pero las cantidades disminuyen durante la estación seca. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes del Río Las Vacas y del Río Villalobos en la unidad de mapa 4 (abarca un poquito más de un tercio de la parte central del departamento). Las cantidades disminuyen durante la estación seca. La ciudad de Guatemala, el departamento y capital de la nación, está localizada en la unidad del mapa 4.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea están localizadas en los acuíferos volcánicos en la unidad de mapa 3, esta cubre aproximadamente el 75 por ciento del departamento en las partes central y sur. Agua dulce subterránea está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades, pero las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo, impiden el acceso. Estos acuíferos son utilizados para el suministro doméstico y la irrigación, y son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos. La mayor parte del suministro de agua (aproximadamente el 60 por ciento) para la ciudad de Guatemala proviene de recursos de agua subterránea de esta unidad de mapa. Hasta 1998, un total de 86 pozos suministraban 1 metro cúbico de agua por segundo a la ciudad. Aproximadamente el 64

por ciento del suministro de agua para el área metropolitana de Guatemala proviene de recursos de agua subterránea. A continuación se detallan la calidad del agua para beber en el área metropolitana de Guatemala durante 1997, para determinados pozos:

> Pozo No. 1, Alameda Norte, tiene Cl^- 2.47 mg/L, SO_4 113 mg/L, total P .286 mg/L, total Na. 2.59 mg/L, turbiedad 24 mg/L, demanda bioquimica de oxigeno despues de dias 0.4 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100mL;
>
> Pozo No. 2, Jardines de Minerva, tiene Cl^- 24.7 mg/L, SO_4 8.2 mg/L, total P .636 mg/L, total Na 4.19 mg/L, turbiedad 24 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno despues de 5 días 1.3 mg/L, demanda química de oxigeno 15.3 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL.
>
> Pozo No. 3, Hospital Roosevelt, tiene Cl^- 1.98 mg/L, SO_4 256 mg/L, total P .636 mg/L, total Na 4.19 mg/L, turbiedad 24 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno después de 5 días 10.2 mg/L, demanda química de oxigeno 15.3 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL.
>
> Pozo No. 5, Ojo de Agua, tiene Cl^- 5.9 mg/L, SO_4 4.3 mg/L, total P 133 mg/L, total Na 1.40 mg/L, turbiedad 0 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno después de 5 días 7 mg/L, demanda química de oxigeno 21.5 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL.

La ciudad de Guatemala, departamental y la capital de la nación, están ubicadas en la unidad de mapa 3.

La unidad de mapa 4 y 5 ocupan la parte norte del departamento. Debido a la poca permeabilidad de los acuíferos sedimentarios, ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin antes hacer un reconocimiento especifico del sitio.

Departamento de Huehuetenango

Area y Extensión Relativa:	7,880 kilómetros cuadrados (7 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 120,721 Rural: 669,462 Total: 790,183 (7 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	100 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Huehuetenango
Ubicación:	Localizado en la parte central-oeste del país rodeado por a frontera con México al norte y al oeste y por los departamentos de San Marcos al sudoeste, Totonicapan al sur y Quiche al este.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles del Río Selegua, Río Ixquisis, Río Ixcan, Río Chixoy y del Río Cuilco localizados en la unidad de mapa 2 (casi dos tercios del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 está localizada en las partes oeste, norte y sur del departamento. El acceso es difícil debido a que la red de carreteras no es buena y a lo seccionado del terreno.

Durante la estación lluviosa, pequeñas cantidades de agua están disponibles provenientes de las extensiones altas de los Ríos Selegua, Ixquisis, Ixcan y Chixoy en la unidad de mapa 3 (aproximadamente un tercio del departamento). Las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está en la parte central del departamento. La capital departamental de Huehuetenango está localizada en esta unidad. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de ríos localizados en la unidad de mapa 4 (dos pequeñas áreas en el centro del departamento). Las cantidades disminuyen durante la estación seca.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración del agua subterránea son los acuíferos de piedra caliza dispersos en escasas áreas a lo largo del departamento. Agua dulce subterránea está localmente disponible en escasas a muy grandes cantidades tal como está marcado en la unidad de mapa 2, que cubre aproximadamente el 40 por ciento del departamento. Las áreas cársticas pueden impedir el acceso a estos lugares. Estos acuíferos de piedra caliza son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles localmente proveniente de acuíferos volcánicos localizados en la unidad de mapa 3 y que ocupan menos del 10 por ciento del departamento en la parte oeste. La capital, Huehuetenango se encuentra en esta unidad de mapa. Las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso a estos lugares. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

El resto del departamento se encuentra en las unidades de mapa 4 y 5, donde la exploración de agua subterránea durante los ejercicios militares no se recomienda sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar, debido a la baja permeabilidad de los acuíferos sedimentarios, ígneos y metamórficos.

Departamento de Izabal

Area y Extensión Relativa:	9,038 kilómetros cuadrados (8 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 78,848 Rural: 280,209 Total: 359,057 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	39.7 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Puerto Barrios
Ubicación:	Localizado en el espolón noreste del país, fronterizo con el Golfo de Honduras en el noreste, con Belize en el norte y Honduras en el este, con los departamentos de Zacapa en el sur, Alta Verapaz al oeste y Petén al noroeste.

Agua Superficial:

La unidad de mapa 1 ocupa dos localizaciones en el departamento: (1) la parte baja del Río Motagua; y (2) el Río Polochic, Lago de Izabal y el Golfete en la parte central del departamento. Grandes cantidades de agua están disponibles de los ríos, y enormes cantidades están disponibles de los lagos durante todo el año. El acceso es fácil debido a que el terreno es relativamente plano y posee una red de carreteras bien desarrollada. El Río Motagua se considera que está severamente contaminado con desechos químicos y biológicos.

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles de ríos como el Río Sarstun, Río Tunico, Río San Francisco, Río Motagua, Río Oscuro, Río Chinebal, Río Zarco, Río Tinajas, Río Polochic, Río Matanzas, Río Boca Nueva y el Río Cabahan localizados todos en la unidad de mapa 2 (casi un tercio del departamentos). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca, de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa las partes norte y central del departamento e incluyen la capital del departamento, Puerto Barrios. Durante la estación lluviosa pequeñas cantidades de agua están disponibles provenientes de las extensiones altas de los ríos Oscuro, Chinebal, Zarco y Río Tinajas localizados en la unidad de mapa 3 (aproximadamente un tercio del departamento), estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está en las secciones sudoeste y noroeste del departamento. De grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina están disponibles todo el año provenientes de pantanos costeros, lagunas y ciénagas localizadas en la unidad de mapa 5 que ocupa pequeñas áreas que bordean el Golfo de Honduras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales de la unidad de mapa 1 y los acuíferos de piedra caliza de la unidad de mapa 2. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua subterránea están disponibles provenientes de acuíferos aluviales en la unidad de mapa 1 que ocupa aproximadamente el 25 por ciento del departa- mento a lo largo del Lago de Izabal y del Río Polochic. Escasas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en los acuíferos de piedra caliza de la unidad de mapa 2 que ocupan aproximadamente el 25 por ciento del departamento en las zonas norte y noroeste. Estos acuíferos aluviales y de piedra caliza son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

Escasas a pequeñas cantidades de agua dulce subterránea están disponibles en acuíferos ígneos y metamórficos localizados en la unidad de mapa 4 en un área menor que un cuarto del departamento. Esta unidad de mapa está presente en las partes norte, sudoeste y este del departamento.

El resto del departamento se encuentra en las unidades de mapa 5 y 6, donde la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar. La capital del departamento, Puerto Barrios, se encuentra en la unidad de mapa 6 en la costa del Golfo de Honduras.

Departamento de Jalapa

Area y Extensión Relativa:	2,063 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 60,524 Rural: 145,831 Total: 206,355 (2 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	100 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Jalapa
Ubicación:	Localizado en la región este de la Sierra Madre, Rodeado por los departamentos de El Progreso al norte, Zacapa al noreste, Chiquimula al este, Jutiapa al sudeste, Santa Rosa al sudoeste y Guatemala al oeste.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles de ríos como el Río Los Plátanos en la unidad de mapa 2 (casi un tercio del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa la parte norte del departamento. El acceso es difícil debido a la falta de caminos y a lo empinado del terreno.

Durante la estación lluviosa, pequeñas cantidades de agua están disponibles de ríos como el Río Grande de Mita en la unidad de mapa 3 (menos de un tercio del departamento), pero las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está localizada en la sección sur del departamento. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles en las extensiones altas del Río Los Plátanos y del Río Grande de Mita localizados en la unidad de mapa 4 (cubre aproximadamente un poco más de un tercio del departamento). Las cantidades disminuyen durante los Meses de Noviembre a Abril. La capital del departamento es Jalapa y está localizada en esta unidad de mapa.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea con los acuíferos aluviales en dos pequeñas áreas en el sur del departamento en la unidad de mapa 1 (aproximadamente 10 por ciento del departamento). De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están generalmente disponibles en esta unidad de mapa. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles provenientes de acuíferos volcánicos en la unidad de mapa 3 (aproximadamente el 60 por ciento del departamento). Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo impiden el acceso al lugar. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento es Jalapa y se encuentra en esta unidad de mapa.

El resto del departamento en el norte se encuentra en la unidad de mapa 4 donde encontramos acuíferos ígneos y metamórficos (aproximadamente 30 por ciento del departamento). Debido a la baja permeabilidad de estos acuíferos, la exploración del agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Jutiapa

Area y Extensión Relativa:	3,219 kilómetros cuadrados (3 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 79,132 Rural: 299,530 Total: 378,662 (4 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	117.6 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Jutiapa
Ubicación:	Localizado en la región sudeste de la planicie Costera a lo largo del Océano Pacifico, con El Salvador al este y los departamentos de Santa Rosa al oeste, Jalapa al noroeste y Chiquimula al noreste.

Agua Superficial:

De grandes a enormes cantidades de agua dulce están perennemente disponibles provenientes del lago de Guija fronterizo con El Salvador. Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, de moderadas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles del Río Paz en la unidad de mapa 2 (menos de un tercio del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa las partes este y sur del departamento. El acceso es fácil debido a la red de carreteras existentes en la mitad sur del departamento, sin embargo, el acceso se vuelve progresivamente más difícil a medida que el terreno sube hacia la Sierra Madre.

Durante la estación lluviosa, pequeñas cantidades de agua están disponibles provenientes de ríos como el Río Grande de Mita, Río Salado, Río Mongoy y el Río Pulula localizados en la unidad de mapa 3 (más de dos tercios del departamento), pero las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está localizada en la parte central del departamento. La capital del departamento Jutiapa está localizada en esta unidad de mapa. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles en las extensiones altas de los ríos Grande de Mita y Río Salado en la unidad de mapa 4 (áreas relativamente pequeñas a lo largo de la frontera con El Salvador). Las cantidades disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril. A través de todo el año de grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina están disponibles provenientes de pantanos costeros, lagunas y ciénagas localizadas en la unidad de mapa 5, esta es un área relativamente pequeña que bordea el Océano Pacifico.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados en la unidad de mapa 1, estos ocupan una faja trazada paralelamente a la costa en la parte sur del departamento, y tres pequeñas áreas en la parte central. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles en esta unidad de mapa (aproximadamente 25 por ciento del departamento). Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están localmente disponibles provenientes de acuíferos volcánicos localizados en la unidad de mapa 3 (aproximadamente el 70 por ciento del departamento). Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables de suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento, Jutiapa se encuentra en esta unidad de mapa.

El resto del departamento está localizado en la unidad de mapa 6, donde la exploración de agua subterránea no se recomienda sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar debido al potencial de encontrar agua de mala calidad.

Departamento de Petén

Area y Extensión Relativa:	35,270 kilómetros cuadrados (32 por ciento del país) (Departamento más grande de Guatemala)
Población Estimada (1994):	Urbana: 101,908 Rural: 193,222 Total: 295,130 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	8.4 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Flores
Ubicación:	Localizado en el extremo norte del país, con México al oeste y al norte, Belize al este y los departamentos de Izabal al sudeste y Alta Verapaz al sur.

Agua Superficial:

De grandes a muy grandes cantidades de agua dulce están perennemente disponibles de ríos como el Río Salinas, Río Mopan, Río de la Pasión y el Río Usumacinta y de los lagos Petén Itza y la Laguna Sacnab localizadas en la unidad de mapa 1 (una quinta parte del departa-mento). El Río Usumacinta a lo largo del límite oeste del departamento posee la descarga sostenible más alta que cualquier otro río en Guatemala. Márgenes empinados, falta de carreteras y la espesa vegetación hacen el acceso difícil a los puntos de agua a lo largo de los ríos. El acceso al lago Petén Itza es menos difícil, ya que lo único que lo impide es la vegetación tan espesa. La unidad de mapa 1 es también el lugar donde está la capital departamental de Flores.

El agua dulce está estacionalmente disponible en la mayoría de los departamentos. Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en ríos como lo son el Santa Isabelo Cancuen, Azul Santa María, San Roman, de la Pasión, Poxte, San Juan, el Subin, San Pedro, Escondido, Chocop, Xan y Río Candelaria localizados en la unidad de mapa 2 (casi la mitad del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La mayor parte de la unidad de mapa 2 se encuentra en las partes oeste y sur del departamento.

Durante la estación lluviosa, pequeñas cantidades de agua están disponibles provenientes de ríos como el Río Machaquila en la unidad de mapa 3. Estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está localizada en la sección central del departamento. Generalmente de Mayo a Octubre de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles de ríos como el Río Bravo, Arroyo Sal Puedes, Río Chiquibul y Riachuelo Machaquila localizados en la unidad de mapa 4, la cual ocupa la parte central este del departa-mento. Estas fuentes disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril en la estación seca.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea están en los acuíferos aluviales en la unidad de mapa 1 (aproximadamente una quinta parte del departamento). Esta unidad ocupa áreas en el noroeste a lo largo del límite fronterizo oeste y norte con México y también ocupa áreas dispersas en la parte noreste del departamento. De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles en esta unidad de mapa. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

De escasa a muy grandes cantidades de agua dulce están localmente disponibles en acuíferos de piedra caliza en las tierras bajas y altas del Petén en la unidad de mapa 2

(aproximadamente una tercera parte del departamento). Las áreas cársticas pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 5 (aproximadamente la mitad del departamento), en esta área no se recomienda la exploración de agua subterránea durante ejercicios militares sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Quezaltenango

Area y Extensión Relativa:	2,164 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 240,449 Rural: 366,107 Total: 606,556 (6 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	280.3 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Quezaltenango
Ubicación:	Localizado en el extremo sudoeste del país, rodeado por los departamentos de Huehuetenango al norte, Totonicapan al noreste, Solola al este, Suchitepequez al sudeste Retalhuleu al sur y San Marcos al oeste.

Agua Superficial:

El agua dulce está estacionalmente disponible en este departamento. Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre moderadas cantidades de agua dulce están disponibles de los ríos Naranjo, Samala y Ocosito localizados en la unidad de mapa 2 (casi la mitad del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa las partes sur y extremo noroeste del departamento. El acceso es fácil en las planicies costeras del sur debido al terreno que es relativamente bueno y al número de caminos transitables. El Río Samala que drena la ciudad de Quezaltenango, está severamente contaminado con polución química y biológica.

Durante la estación lluviosa pequeñas cantidades de agua están disponibles en las extensiones altas de los Río Samala y Naranjo, localizados en la unidad de mapa 3 (un tercio del departamento). Estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está en las secciones sur-central y central-norte del departamento a los pies de las montañas de Sierra Madre. La capital del departamento, Quezaltenango se encuentra en esta unidad de mapa. Generalmente de Mayo a Octubre de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles en los extremos de las extensiones altas del río Naranjo, localizado en la unidad de mapa 4, la cual ocupa el resto de la parte central del departamento. De mayo a Octubre estas cantidades disminuyen.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales en la unidad de mapa 1 (10 por ciento del departamento) que ocupa la parte sudoeste del departamento. El agua dulce subterránea está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas de agua y tácticos.

De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están localmente disponibles en acuíferos volcánicos en la unidad de mapa 3 (aproximadamente 80 por ciento del departamento). Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo pueden obstaculizar el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento, Quezaltenango se encuentra en esta unidad de mapa. Probablemente los acuíferos poco profundos aguas abajo de Quezaltenango están contaminados.

El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración del agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Quiche

Area y Extensión Relativa:	8,559 kilómetros cuadrados (8 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 74,169 Rural: 557,617 Total: 631,786 (6 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	73.8 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Santa Cruz del Quiche
Ubicación:	Localizado en la parte central-oeste del país con México al norte y los departamentos de Alta Verapaz al este, Baja Verapaz al sudeste, Chimaltenango al sur, Solola al sudoeste, Totonicapan al oeste y Huehuetenango al oeste.

Agua Superficial:

Grandes cantidades de agua dulce están disponibles todo el año de las áreas localizadas en la unidad de mapa 1 en la esquina noreste a lo largo del Río Chixoy y en la sección sudeste a lo largo del Embalse Chixoy el cual tiene capacidad de proporcionar enormes cantidades de agua dulce. El embalse de Chixoy es el más grande de Guatemala y proporciona energía hidroeléctrica al país. El embalse se considera que está contaminado y se está llenando rapidamente con sedimento que es depositado adentro del embalse por medio de corrientes de ríos que fluyen a través de áreas deforestadas. El acceso a estas áreas es limitado debido a la falta de carreteras, especialmente en la sección noreste.

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de ríos como el Río Chixoy y el Río Tzepela localizados en la unidad de mapa 2 (casi dos tercios del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas al final de la estación seca de Marzo a Abril. La unidad de mapa 2 ocupa el área norte y el extremo sudeste del departamento. El acceso es difícil debido al terreno montañoso, la densa vegetación y la falta de caminos.

Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 (casi un tercio del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas de los ríos Tzepela, sin embargo, estas cantidades disminuyen en la estación seca. Esta unidad de mapa está localizada en la sección sur del departamento a los pies de las montañas de la Sierra Madre y en ella se encuentra la capital del departamento, Santa Cruz de Quiche. La unidad de mapa 4, localizada en el sur, ocupa el resto del departamento. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los ríos. Las cantidades disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea están en la unidad de mapa 2 en la parte central del departamento. Los acuíferos de piedra caliza en esta unidad de mapa comprenden aproximadamente el 20 por ciento del departamento. Estos acuíferos producen de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce. El acceso puede representar un problema debido a las áreas cársticas. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales.

La capital del departamento, Santa Cruz del Quiche está en la unidad de mapa 3 (aproximadamente 20 por ciento del departamento). De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua subterránea están localmente disponibles provenientes de los acuíferos volcánicos. Sin embargo, las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

La unidad de mapa 4 (aproximadamente 20 por ciento del departamento) consiste de acuíferos ígneos y metamórficos y está en la parte sur del departamento. Las áreas de la unidad de mapa 5 se extienden a lo largo de la frontera con México y en la Sierra de los Cuchumatanes (40 por ciento del departamento), que consiste de acuíferos sedimentarios que producen localmente de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración del agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en las unidades 4 y 5 sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Retalhuleu

Area y Extensión Relativa:	1,856 kilómetros cuadrados (2 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 76,913 Rural: 184,223 Total: 261,136 (2.5 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	140.7 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Retalhuleu
Ubicación:	Localizado en la planicie costera sudoeste bordeando el Océano Pacifico al sur, con los departamentos de San Marcos al sudoeste, Quezaltenango al norte y Suchitepequez al este.

Agua Superficial:

De moderadas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 (más de dos tercios del departamento) proveniente de ríos como Río Salama, Río Oc, y Río Sis durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. El terreno relativamente bueno y el número de caminos transitables proporcionan un acceso fácil. La capital departamental de Retalhuleu se encuentra dentro de esta unidad de mapa. El Río Samal se considera severamente contaminado con polución industrial y biológica proveniente de la ciudad de Quezaltenango.

La unidad de mapa 3 proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas de los Ríos Sis, Oc, y Samala durante la estación lluviosa, las cantidades disminuyen durante la estación seca. Esta unidad de mapa se encuentra a lo largo del borde este del departamento.

Pequeñas áreas de la costa se encuentran en la unidad de mapa 5 donde el agua salobre o salina está perennemente disponible de pantanos, lagunas y ciénagas.

Agua Subterránea:

La mayoría del departamento se encuentra en la unidad de mapa 1 en la Planicie Costera del Pacifico que consiste de acuíferos aluviales donde el agua subterránea está disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades. Estas son las mejores áreas para la exploración de agua subterránea. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales. La capital del departamento es Retalhuleu y se encuentra en esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 3 (aproximadamente 20 por ciento del departamento) se encuentra en la parte norte del departamento y proporciona de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea proveniente de acuíferos volcánicos. Sin embargo, las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

El resto del departamento a lo largo de la costa del Pacifico se encuentra en la unidad de mapa 6. La exploración de agua subterránea durante los ejercicios militares no se recomienda sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar debido al potencial de encontrar agua de mala calidad.

Departamento de Sacatepequez

Area y Extensión Relativa:	493 kilómetros cuadrados (0.5 por ciento del país) (el más pequeño en Guatemala)
Población Estimada (1994):	Urbana: 146,265 Rural: 50,271 Total: 196,536 (2 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	398.6 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Antigua Guatemala
Ubicación:	Localizado en la región central de la Sierra Madre en la parte central-sur de Guatemala, rodeado por los Departamentos de Escuintla al sur; Chimaltenango al oeste y Guatemala al norte y al este.

Agua Superficial:

En el extremo norte del departamento, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles de los ríos durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre provenientes de la unidad de mapa 2 (casi una quinta parte del departamento). Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. El acceso es difícil debido a lo empinado del terreno y a la espesa vegetación.

Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 (aproximadamente una tercera parte del departamento) localizada en la parte sur del departamento proporciona pequeñas cantidades de agua dulce de ríos como el Río Guacalate, pero estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 4 ocupa el resto de la región, aproximadamente la mitad de la parte central del departamento. Generalmente de Mayo a Octubre, de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los ríos, sin embargo, estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La capital del departamento, Antigua Guatemala está localizada en esta unidad.

Agua Subterránea:

Todo el departamento se encuentra en la unidad de mapa 3 donde de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los acuíferos volcánicos. Las empinadas pendientes, la densa vegetación y la condición inestable del suelo pueden impedir el acceso. La capital del departamento es Antigua Guatemala.

Departamento de San Marcos

Area y Extensión Relativa:	3,596 kilómetros cuadrados (3.5 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 98,985 Rural: 667,965 Total: 766,950 (7 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	213.3 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	San Marcos
Ubicación:	Localizado en el borde sudoeste del Océano Pacifico al sur el oeste, el departamento de Huehuetenango al norte, Quezaltenango al este y Retalhuleu al sudeste**.**

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de la unidad de mapa 2 (casi una quinta parte del departamento) en el Río Suchiate, Río Cabuz, Río Nahuatan, Río Melendez y Río Naranjo. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. Esta unidad de mapa está localizada en las partes norte y sur del departamento. El acceso se considera difícil en el lado norte debido a lo empinado del terreno y la espesa vegetación. En el sur, el acceso es considerado fácil.

Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 (aproximadamente una tercera parte del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas de los Ríos Suchiate, Cabuz Nahuatan, Melendez y Naranjo, las cantidades disminuyen durante la estación seca. Esta unidad de mapa está localizada en las secciones noroeste y central sur del departamento. La unidad de mapa 4 (aproximadamente una tercera parte del departamento) ocupa la región central. Generalmente durante los meses de Mayo a Octubre de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los ríos, estas cantidades disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril. La capital del departamento es San Marco y se encuentra dentro de esta unidad. En la unidad de mapa 4, en dos áreas a lo largo del Océano Pacifico, de grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina son abundantes durante todo el año provenientes de pantanos costeros, lagunas y ciénagas.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales en la planicie costera del Pacifico. Estas áreas en donde el agua dulce subterránea es generalmente abundante en muy pequeñas a muy grandes cantidades están marcadas en la unidad de mapa 1, que ocupa menos de un cuarto del departamento. Los acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

Aproximadamente la mitad del departamento se encuentra en la unidad de mapa 3, donde de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles localmente provenientes de acuíferos volcánicos. Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso al lugar. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento es San Marcos y se encuentra dentro de esta unidad.

Menos de un cuarto del departamento está en la unidad de mapa 4. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar. El resto del departamento a lo largo de la costa del Pacifico se encuentra en la unidad de mapa 6. La exploración de agua subterránea durante

ejercicios militares no se recomienda sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar debido al potencial de encontrar agua de mala calidad.

Departamento de Santa Rosa

Area y Extensión Relativa:	2,955 kilómetros cuadrados (3 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 68,219 Rural: 217,237 Total: 285,456 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	96.6 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Cuilapa
Ubicación:	Localizado en el borde sudeste bordeando el Océano Pacifico al sur, con los departamentos de Escuintla al oeste, Guatemala al noroeste, Jalapa al norte y Jutiapa al este.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 (que representa más de un tercio del departamento) provenientes de ríos y lagos, tales como el Río Los Esclavos, Río Aguacapa y la Laguna de Ayarza. Sin embargo, estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa está localizada en las partes norte y sur del departamento. El acceso es difícil en la parte norte debido a lo empinado del terreno. En el sur, el acceso es fácil porque el terreno es plano y existe una red bien desarrollada de carreteras. La capital del departamento es Culiapa y se encuentra en esta unidad de mapa.

Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 (aproximadamente un tercio del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de ríos. Estas cantidades disminuyen en la estación seca. La unidad de mapa está localizada en las secciones noroeste y central-este del departamento. La unidad de mapa 4 ocupa la región extrema norte. Generalmente de Mayo a Octubre, de muy pequeñas a escasas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de ríos, estas cantidades disminuyen durante los meses de Noviembre a Abril. El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 5 a lo largo de la costa del Océano Pacifico, donde el agua de salobre a salina esta perennemente disponible.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea se extienden de noroeste a sudeste a lo largo del departamento en la planicie de la costa del Pacifico y se encuentran en la unidad de mapa 1 (aproximadamente 40 por ciento del departamento). De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están generalmente disponibles en acuíferos aluviales en esta unidad de mapa. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales.

De muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles localmente en acuíferos volcánicos en la unidad de mapa 3 (aproximadamente la mitad del departamento). Las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso al lugar. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales. La capital del departamento es Culiapa y se encuentra en esta unidad de mapa.

El resto del departamento a lo largo de la costa del Pacifico se encuentra en esta unidad de mapa. La exploración de agua subterránea durante ejercicios militares no se recomienda sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar debido al potencial de encontrar agua de mala calidad.

Departamento de Solola

Area y Extensión Relativa:	1,142 kilómetros cuadrados (3 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 97,967 Rural: 167,935 Total: 265,902 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	232.8 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Solola
Ubicación:	Localizado en la región central de la Sierra Madre y rodeado por los departamentos de Quiche en el norte, Chimaltenango en el este, Suchitepequez en el sur, Quezaltenango en el oeste y Totonicapan al noroeste.

Agua Superficial:

En la unidad de mapa 1 el agua dulce es perennemente abundante proveniente del Lago de Atitlán en enormes cantidades. Durante la estación lluviosa, de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 provenientes de ríos como el Río Nahualate. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. Esta unidad de mapa está localizada en el extremo sudoeste del departamento. Lo empinado del terreno y la densa vegetación impiden el acceso.

La unidad de mapa 3 (dos tercios del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua durante la estación lluviosa proveniente de las extensiones altas de los Río Quixala y Río Nahualate, las cantidades de agua disminuyen durante la estación lluviosa. La capital del departamento Solola, se encuentra dentro de esta unidad. El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4 en el norte. Generalmente de Mayo a Octubre de escasas a muy escasas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de ríos, estas cantidades diminuyen durante la estación seca.

Agua Subterránea:

La mayor parte del departamento se encuentra en la unidad de mapa 3 donde de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles localmente de acuíferos volcánicos. Sin embargo, las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso al lugar. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales. La profundidad para encontrar agua subterránea de adecuada calidad puede ser mayor de los 300 metros. La capital del departamento, Solola se encuentra dentro de esta unidad de mapa.

El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4. Debido a la baja permeabilidad de estos acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Suchitepequez

Area y Extensión Relativa:	2,392 kilómetros cuadrados (2.5 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 129,896 Rural: 262,808 Total: 392,704 (4 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	164.2 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Mazatenango
Ubicación:	Localizado en la planicie costera central sur bordeando el Océano Pacifico en el sur, con los departamentos de Retalhuleu al oeste, Quezaltenango al noroeste, Solola al norte y Escuintla al este.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 (más de la mitad del departamento) provenientes de los ríos Sis, Ican, Hahualate y el Río Cutzan. Estas cantidades se vuelven pequeñas a moderadas durante la estación lluviosa de Noviembre a Abril. La unidad de mapa está localizada a través del departamento en la planicie costera. El acceso es fácil debido a que el terreno es relativamente bueno y hay numerosas carreteras transitables. La capital del departamento es Mazatenango y se encuentra dentro de esta unidad de mapa.

Durante la estación lluviosa, la unidad de mapa 3 (una tercera parte del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de las extensiones altas del Río Sis, Río Ican, Río Nahualate y el Río Cutzan, las cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa está localizada a lo largo de los bordes norte y oeste del departamento. En la unidad de mapa 5, de grandes a enormes cantidades de agua salobre o salina son abundantes en pantanos costeros, lagunas y ciénagas durante todo el año.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales en la planicie costera del Pacifico marcados en la unidad de mapa 1. Esta unidad de mapa ocupa aproximadamente tres cuartas partes del departamento, donde el agua dulce subterránea es generalmente abundante en muy pequeñas a muy grandes cantidades. Los acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento, Mazatenango se encuentra en esta unidad de mapa.

En la unidad de mapa 3 (una quinta parte del departamento), de muy pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce subterránea están disponibles localmente proveniente de acuíferos volcánicos localizados en la parte norte del departamento. Sin embargo, las pendientes empinadas, la densa vegetación y las condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

El resto del departamento se encuentra en las unidades de mapa 4 y 6 donde la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares.

Departamento de Totonicapan

Area y Extensión Relativa:	1,050 kilómetros cuadrados (2.5 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 49,041 Rural: 275,184 Total: 324,225 (3 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	3.2 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Totonicapan
Ubicación:	Localizado en la región central de la Sierra Madre. Rodeado por Los departamentos de Quiche al este, Solola al sur, Quezaltenango al oeste y Huehuetenango al norte.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 (más de un tercio del departamento) proveniente de ríos. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. La unidad de mapa está localizada en la parte norte del departamento. El acceso se considera difícil en el norte debido a lo empinado del terreno y a la densa vegetación. En el sur, el acceso se considera fácil.

La unidad de mapa 3 (casi un tercio del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua proveniente de las extensiones altas del Río Samala durante la estación lluviosa, estas cantidades disminuyen durante la estación seca. Esta unidad de mapa está localizada en las secciones central norte y sur del departamento. La unidad de mapa 4 (casi un tercio del departamento) ocupa la región central. Generalmente de Mayo a Octubre de escasas a muy pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de ríos, con las cantidades disminuyendo de Noviembre a Abril. La capital del departamento es Totonicapan y se encuentra dentro de esta unidad de mapa.

Agua Subterránea:

La mayor parte del departamento se encuentra en la unidad de mapa 3 donde de pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de acuíferos volcánicos. Pendientes empinadas, densa vegetacion y condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. La capital del departamento de Totonicapan se encuentra en esta unidad de mapa 3.

El resto del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4, consiste de dos áreas muy pequeñas en el norte. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares en estas áreas sin hacer antes un reconocimiento especifico del lugar.

Departamento de Zacapa

Area y Extensión Relativa:	2,692 kilómetros cuadrados (2.5 por ciento del país)
Población Estimada (1994):	Urbana: 50,339 Rural: 120,807 Total: 171,146 (1 por ciento de la población)
Densidad de la Población:	63.6 personas por kilómetro cuadrado
Capital del Departamento:	Zacapa
Ubicación:	Localizado en la región este del valle del Río Motagua, bordeando Honduras al este, con los departamentos de Chiquimula al sur, Jalapa al sudoeste, El Progreso al oeste Alta Verapaz al noroeste e Izabal al norte.

Agua Superficial:

Durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre, moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en la unidad de mapa 2 (dos tercios del departamento) provenientes de ríos tales como el Río Motagua y el Río Grande de Zacapa. Estas cantidades se vuelven de pequeñas a moderadas durante la estación seca de Noviembre a Abril. El Río Motagua se considera severamente contaminado con polución biológica e industrial proveniente de la ciudad de Guatemala. Esta unidad de mapa está localizada en las partes centrales y sur del departamento. Debido a que el terreno es relativamente bueno y a que existe un buen número de carreteras transitables, el acceso al lugar es fácil. La capital del departamento es Zacapa y se encuentra dentro de esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 3 (un tercio del departamento) proporciona pequeñas cantidades de agua provenientes de los ríos durante la estación lluviosa, estas cantidades disminuyen durante la estación seca. La unidad de mapa 3 está localizada en las secciones norte y este del departamento.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales de la unidad de mapa 1 (aproximadamente un cuarto del departamento) a lo largo del Río Motagua. En esta unidad de mapa, el agua dulce subterránea está generalmente disponible en muy pequeñas a muy grandes cantidades. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. Se puede predecir que los pozos poco profundos estarán contaminados en esta área. La capital del departamento es Zacapa y está localizada dentro de esta unidad de mapa.

A lo largo de la frontera con Honduras se encuentra la unidad de mapa 2. Los acuíferos de piedra caliza en esta unidad producen localmente de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce. El acceso a esta área puede ser un problema debido a que es cárstica. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

La mayor parte del departamento se encuentra en las unidades de mapa 4 y 5, donde la exploración de agua subterránea no se recomienda durante ejercicios militares sin antes hacer un reconocimiento especifico del lugar.

VI. Recomendaciones

A. Generalidades

Muchas agencias del gobierno están intentando resolver los problemas de los recursos de agua del país. Estas agencias han proporcionado al grupo de evaluadores del Cuerpo de Ingenieros muchos documentos completos que incluyen excelentes recomendaciones para mejorar la situación de los recursos de agua. Las siguientes necesidades fueron identificadas por el grupo de evaluadores del Cuerpo de Ingenieros así como también por los oficiales del gobierno.

B. Manejo y Política del los Recursos Nacionales de Agua

Los programas de manejo y desarrollo de los recursos de agua están descentralizados. El principal problema es la falta de una comisión nacional para suministro de agua potable y sanitación. La información con respecto a los pozos y a los sistemas de suministro de agua superficial se mantiene por separado por diferentes agencias y por los usuarios responsables de los recursos de agua. Como resultado de esto, existe una falta de coordinación entre las agencias y los usuarios, y también dentro de los diferentes sectores. Esto ocasiona duplicación de esfuerzos y falta de intercambio de conocimiento técnico y de información.

Los beneficios de mejorar el manejo de los recursos de agua y sus políticas serían enormes. Las metas globales de dicho esfuerzo estarían enfocadas hacia la salud pública, desarrollo económico, bienestar social y desarrollo sostenible del medio ambiente. Con un marco de trabajo establecido, saldrían a flote ciertos asuntos de las políticas nacionales y manejo de estrategias. Esto requeriría una evaluación del propósito de varios proyectos de recursos de agua tales como serían el suministro de agua, la calidad del agua, irrigación, navegación, hidroenergia, pesca y vida silvestre. La evaluación de todas las necesidades dentro del país llevaría hacia una re-estructuración del manejo de los recursos de agua y hacia una política y un interés nacional más definidos.

El manejo de los recursos de agua y sus políticas son el centro de un desarrollo eficiente y equitativo. Se recomiendan los siguientes enfoques para darle un mejoramiento gradual al sistema actual de manejo de los recursos de agua: (1) formar una comisión nacional para agua potable y sanitación; (2) establecer una ley nacional del suministro de agua; (3) formar un consejo para manejo de los recursos de agua; (4) llevar a cabo una evaluación completa de los recursos de agua; (5) establecer una casa de compensación; (6) patrocinar reuniones nacionales e internacionales; y (7) formar fuerzas de trabajo para tratar asuntos relacionados con los recursos de agua. Estos enfoques se explican en los siguientes párrafos:

1. Comisión Nacional del Agua

Los otros sectores del país, tales como los sectores agrícolas, ecológicos, de salud y de electricidad tienen una comisión nacional, pero no existe ninguna para el agua potable y la sanitación. Debido a la falta de una comisión nacional en esta área, los usurarios de agua del país son los que actúan y usan los recursos de agua independientemente. Lo ideal seria que los diferentes usuarios se unieran bajo una comisión. Entre los usuarios están las presas hidroeléctricas, suministro de agua para usos domésticos, irrigación, industria y turismo.

2. Ley Nacional del Agua

Por los últimos 10 años, se ha propuesto una ley para el agua pero no ha logrado ser pasada. Se cree que va a pasar bajo el nuevo gobierno en el año 2001. Durante reuniones y discusiones con diferentes gerentes, parece ser que una ley para el agua que sea buena, práctica y que se pueda implementar es necesaria, pero también debe ser una ley que no sea complicada y que se pueda llevar a cabo.

3. Consejo de Recursos de Agua

La formación de un consejo para recursos de agua a un nivel nacional o internacional fomentaría el intercambio de información y probablemente también se podrían compartir fondos entre organizaciones para las necesidades comunes. El consejo estaría formado de ejecutivos de alto nivel que sean miembros de las entidades. En el ámbito nacional los candidatos a formar este consejo serian jefes de oficinas nacionales y presidentes de corporaciones de desarrollo. En el ámbito internacional, los candidatos serian los jefes de la Agencia Internacional para el Desarrollo (USAID), CARE, y de la Comunidad Económica Europea. Cada uno de los miembros asignaría personal para ayudar con estudios especiales y evaluaciones. El objetivo de cualquiera de estos consejos seria discutir las actividades de los recursos de agua en Guatemala y actuar como un consejero de políticas para el Presidente de Guatemala. Se presume que otros países miembros y otras entidades pueden contribuir a un fondo que financiaría el desarrollo común de los recursos de agua o necesidades que se le relacionen. Como ejemplos de lo que serian necesidades comunes están: (1) desarrollo de una base de datos nacionales de hidrología e información hidráulica, (2) conservación de los recursos de agua y del suelo, y (3) mejoramiento del medio ambiente. El establecimiento permanentemente de un “Consejo de los Recursos de Agua” para supervisar que la política de los recursos de agua sea implementada.

4. Evaluaciones Completas de los Recursos de Agua

Los ahorros que podrían resultar si se llevan a cabo evaluaciones completas de todos los recursos de agua y actividades relacionadas a estos serian enormes. Este esfuerzo requeriría de mantener un equipo de trabajo por varios años o de implementar un contrato grande para contratar personal de afuera. El propósito de las evaluaciones seria analizar todas las actividades relacionadas con los recursos de agua que se están llevando a cabo en el país así como también todas las actividades que están en etapa de planificación. Esto requeriría de reuniones con cientos de entidades que están involucradas. A su vez las reuniones serian seguidas de minuciosas evaluaciones de campo. Después de haber recolectado toda la información de campo necesaria el largo y arduo trabajo de la investigación y análisis puede comenzar. Este esfuerzo dejará al descubierto muchas duplicaciones y actividades comunes que pueden ser eliminadas, permitiendo así una operación más efectiva en términos económicos. También existe un gran potencial de ahorro debido a economías de escala, tales como la consolidación de esfuerzos similares o idénticos dentro de uno solo.

5. Cámara de Compensación Nacional

Otro método para asimilar información entre varias entidades nacionales e internacionales es a través de una cámara de compensación. El primer deber de esta oficina seria desarrollar una lista de correo de todas las entidades que tengan un interés particular en el mismo asunto. El siguiente paso sería convencer a los involucrados en el desarrollo de los recursos de agua para que envíen su respectiva propuesta de recursos de agua. Una dificultad principal con esta alternativa sería el alto costo debido a la cantidad de personal que requeriría. Otra dificultad sería el proceso necesario para poder obtener información uniforme departe de todos aquellos involucrados. Los únicos casos donde las cámaras de compensación han sido un éxito son aquellos en los cuales el proceso es dictado por fuerza de ley.

6. Reuniones Nacionales e Internacionales

Reuniones o simposiums nacionales e internacionales son medios comunes para fomentar el intercambio de información. Estos pueden ser un excelente forum para científicos, ingenieros y gerentes de oficinas relacionadas con asuntos de agua, para intercambiar ideas, conceptos y experiencias que hayan tenido con el manejo de los recursos de agua. Una recomendación es que las reuniones no deben ser demasiado teóricas. Se deben de dar sugerencias que se puedan implementar en forma inmediata, así como también propuestas a largo plazo. Una reunión nacional con participación internacional selecta constituiría una buena reunión inicial. Esta reunión también sería un buen forum para discutir otras alternativas nacionales para las

políticas de agua, por ejemplo, el consejo de recursos de agua, evaluaciones completas de los recursos de agua, y cámaras nacionales de compensación. La duración recomendada para estas reuniones es de 3 a 7 días y deberán llevarse a cabo en un lugar con acceso fácil como lo seria la ciudad de Guatemala. Los tópicos y talleres que sugerimos se deben de cubrir son: asuntos sobre políticas nacionales de agua, conservación del agua, manejo de las sequías, proyectos de recursos de agua en desarrollo y a planificarse, experimentos con nuevas cosechas, reforestación, erosión del suelo, técnicas de irrigación, perforación de pozos, calidad del agua, tratamiento de aguas e hidroenergia.

7. Formulación de Fuerzas de Tarea

Esta idea es de alguna manera similar a otras previamente discutidas. La diferencia estriba en que una agencia nacional deberá tomar la iniciativa del liderazgo del programa. El primer paso sería identificar una necesidad nacional de interés común para entidades operando en Guatemala. Entre dichas necesidades pueden incluirse una ley nacional del agua, un programa nacional de educación, una base de datos nacional para información técnica, levantamientos topográficos y mapeo, y un programa nacional para la conservación del suelo y del agua. La agencia líder tendrá que estar de acuerdo con las distintas entidades nacionales e internacionales en el co-patrocinio del proyecto por medio de la asignación de miembros de su organización en las fuerzas de tarea.

Otra variante del concepto de fuerzas de tarea y de la idea del Consejo de Recursos de Agua, involucra el establecimiento de una Comisión de Recursos de Agua. La tarea de esta comisión sería la de evaluar los mismos asuntos con respecto a las políticas nacionales del agua que se han discutido en párrafos anteriores con un enfoque hacia hacer recomendaciones en las políticas de agua y que tenga el nivel federal adecuado para poder involucrarse. Estas recomendaciones deben documentarse en un reporte emitido por la comisión. La comisión consistirá de 3 a 6 oficiales de alto nivel en Guatemala. El Presidente nombra a los miembros de la comisión para períodos de 1 a 3 años, prorrogables para consistencia y aporte de enfoques frescos. Deberán tener una mezcla de profesionales variados, como ingenieros, científicos, expertos agrícolas, profesores universitarios, políticos, economistas y geólogos, todos estos serían buenos candidatos. La comisión necesitaría un personal pequeño para manejar los detalles de operación y para preparar y distribuir los reportes. Los miembros de la comisión llevarán a cabo una serie de reuniones públicas y/o usarán un formato para solicitar testimonio de un vasto espectro de profesionales, agencias y del público. También solicitarán participación de varias agencias nacionales e internacionales. Esto, en efecto, podría resultar en una fuerza de tarea sin costo alguno (para Guatemala) que representaría a varias entidades. De este grupo de personal de trabajo, se formarán varios comités y sub-comites para evaluar detalladamente varios asuntos relacionados con las políticas nacionales de agua, involucramiento de agencias de agua y otras necesidades nacionales de recursos de agua.

8. Estrategia Sugerida

Es difícil sugerir una estrategia debido a la falta de conocimiento de la realidad con respecto a la burocracia y a la arena política en Guatemala. Un programa bien diseñado en cualquiera de las áreas discutidas valdría la pena. Desde la perspectiva de afuera, parece ser un enfoque de dos partes que consiste en el establecimiento de una Comisión Nacional de Agua y la aprobación de una Ley Nacional de Agua lo cual produciría los mejores resultados.

C. Manejo y Proteccíon de las Cuencas

El impacto de la deforestación en el medio ambiente y en los recursos de agua es una preocupación común de la mayor parte de los oficiales del gobierno y de los técnicos expertos. Se necesita de un manejo integral de las cuencas para controlar la deforestación y su resultante erosión y sedimentación. El desarrollo de un plan completo para manejo de las cuencas se necesita para frenar estos impactos. La intención de un plan para manejar las cuencas es lograr un panorama completo de los problemas de los recursos del agua y de la

tierra dentro de una cuenca e identificar las oportunidades y las autoridades para discutir dichos problemas. La planificación de las cuencas es un enfoque sistemático para: (1) evaluar usos alternativos de los recursos del agua y de la tierra, (2) identificar conflictos entre usos competitivos, y (3) hacer cambios a través de decisiones informadas.

Los planes deberán incluir (1) medidas de corto plazo (por ejemplo, estabilización de la erosión, sistemas pequeños de suministro de agua, estaciones hidrológicas y meteorológicas, incluyendo la reparación de los medidores existentes); (2) medidas interinas (por ejemplo, programas para control de sedimentación, manejo de las planicies de inundación, embalses pequeños); y (3) medidas de largo plazo (por ejemplo, reforestación, embalses grandes para control de inundaciones, hidroenergia y suministro de agua).

El primer programa de manejo de las cuencas está siendo implementado por IMSA en la cuenca del lago de Amatitlán. Los planes son de iniciar programas para el manejo de más cuencas a medida que los fondos estén disponibles, el siguiente será el Lago de Izabal y después se continuará con la cuenca del Lago Atitlán, que será diseñada tomando como modelo el programa de AMSA para el Lago de Amatitlán.

D. Oportunidades Para Ejercicios de Tropa

1. Ejercicios de Perforación de Pozos

La mayor parte de las necesidades de suministro de agua del país dependerán de los recursos de agua subterránea. Particularmente debido a que muchos de los ríos están contaminados y la disponibilidad de agua superficial ha disminuido. En general la calidad de agua subterránea es buena a través de todo el país. Los pozos pequeños de bombas manuales tienen gran demanda, particularmente en áreas rurales. La instalación de pozos pequeños de bombas manuales especialmente en áreas rurales como parte de los ejercicios de ingeniería por parte de tropas de los Estados Unidos podría ser de gran beneficio. Los nuevos pozos instalados deberán ser diseñados para brindar protección contra la contaminación del agua superficial. Los pozos deberán de tener una capa selladora de lechada de cemento de 100 pies de espesor para proteger al acuífero de contaminarse con el escurrimiento de agua superficial o con el acuífero menos profundo. Estos pozos pueden ser una fuente de agua potable confiable que sustituyan los suministros de agua superficial contaminada en determinadas áreas del país.

2. Pequeños Embalses Superficiales

En ciertas áreas del país, se puede considerar la construcción de pequeños embalses para captación de agua para suministro. Cadenas de montañas cubren casi toda la superficie del terreno. En estas áreas montañosas la profundidad al agua puede ser demasiado grande para llevar a cabo ejercicios de tropa, y el acceso al lugar puede ser difícil. Otros lugares donde los embalses pequeños pueden considerarse son las áreas en las cuales la sequía del acuífero está asociada con los impactos de las deforestaciones y donde la exploración del agua subterránea puede ser muy difícil para llevar a cabo ejercicios de tropa. Los embalses superficiales también pueden ser de beneficio para disminuir el escurrimiento superficial y la erosión y pueden ayudar a recargar el acuífero. Se debe ejercer mucha precaución al seleccionar el lugar debido al potencial de encontrar agua contaminada. Estos embalses se deben considerar solamente en áreas donde el agua superficial no está seriamente contaminada, tales como las tierras altas de los volcanes, río arriba de áreas pobladas, lejos de puntos de descarga de aguas negras no tratadas, y lejos de lugares industriales y grandes ciudades. Los embalses deben estar localizados en puntos donde la contaminación de agua no representa un problema. El diseño de estos embalses no es difícil y las técnicas de construcción serán muy similares a las técnicas locales de construcción. Los otros factores principales son: selección de un lugar apropiado, tamaño del terraplén, y el diseño de estructuras de salida. La construcción de estos lugares puede ser llevada a cabo por tropas americanas.

E. Mejoras a la Calidad y Suministro del Agua

La mayoría de la población no tiene acceso a servicios de suministro de agua y sanitación, esto afecta directamente la calidad de vida. Tampoco existe tratamiento de aguas negras a través del país y la mayoría del afluente se descarga en las vías de agua sin ningún tratamiento. Se necesita tratar las aguas negras para mejorar la calidad de los recursos de agua superficiales del país, ya que la mayoría de la población usa agua superficial para cubrir sus necesidades de agua. A medida que la cantidad disponible de agua superficial disminuye y la población continua en aumento, la necesidad de recursos de agua subterráneos se hace mayor.

VII. Resumen

Los recursos de agua de Guatemala representan una gran preocupación. Las razones para el aumento de la competencia por los limitados recursos de agua son:

- ?? Distribución desigual de la lluvia;
- ?? Degradación de las cuencas causada por la deforestación;
- ?? No existe una agencia responsable del manejo de los recursos de agua;
- ?? Falta de un sistema de recolección y tratamiento de aguas negras e inadecuada disposición de los desechos sólidos;
- ?? Manejo ineficiente de los recursos de agua;
- ?? Falta de información adecuada necesaria para tomar decisiones informadas;
- ?? Red de suministro de irrigación ineficiente en los sectores subdesarrollados;
- ?? Crecimiento rápido de áreas urbanas que aumentan la demanda por sobre la capacidad del sistema;
- ?? Falta de una ley nacional del agua para proteger y preservar los recursos; y
- ?? Redes de distribución ineficientes.

Los asuntos críticos son la falta de acceso a agua y sanitación, el alto índice de mortalidad infantil, el extenso daño al medio ambiente causado por la deforestación, la falta de información hidrológica y la falta de manejo de las cuencas. La solución para estos asuntos representa grandes desafíos para los administradores de los recursos de agua de Guatemala. A través de nuestras reuniones con los administradores se pudo notar que es evidente que ellos reconocen la tarea que tienen por delante y están en buena disposición de tratar estos asuntos.

La falta de una comisión nacional de agua y sanitación es la razón principal para la ausencia de condiciones mínimas de salud en el país. No existen estrategias claras, ni políticas, ni programas de inversión. La información está dispersa y no es confiable. La cobertura de servicios de agua potable y sanitarios es extremadamente baja.

Las recomendaciones que se ofrecen en este reporte presentan oportunidades para mejorar la situación de los recursos de agua de Guatemala. Si se adoptan, estas acciones pueden tener impactos positivos a largo plazo. Muchos de los otros asuntos que se discutieron en este reporte requerirán de compromisos institucionales de largo plazo para poder ver el cambio. El manejo adecuado de los recursos de agua de Guatemala puede proporcionar agua en forma adecuada para cubrir las necesidades del país.

Notas Finales

[1]Paul Simón, Tapped Out: La Crisis Mundial de Agua que se Avecina y Que es lo que Podemos hacer al Respecto. (Tapped Out: The Coming World Crisis and What We Can do About It), New York, Publicaciones Welcome Rain, 1998, p.198.

[2]George Tchobanoglous y Edward D. Schroeder, Calidad del Agua (Water Quality) Publicaciones Addison-Wesley Co., 1987, pp. 1-4.

[3]S.Caircross, Desarrollando el Mundo del Agua (Developing World Water), "Los Beneficios del Suministro de Agua" (The Benefits of Water Supply), Hong Kong: Grosvenor Press Internacional, 1987, pp. 30-34.

[4]Guatemala On-Line, <http//www.quetzalnet.com>, revisado 15 de Diciembre 1998, accesado Febrero 1999.

[5]Organización Panamericana de la Salud, Plan Regional de Inversiones en Ambiente Salud, "Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala", Serie Análisis Sectoriales, No. 4, Washington, DC, Marzo 1995, p. 5.

[6]Orlandino T. Arteaga, El Sector Recursos Hídricos y su Infraestructura Institucional-Republica de Guatemala, borrador, Guatemala. Abril 1998, p.1.

[7]Guatemala On-Line, <http//wwwquetzalnet.com>, revisado 15 Diciembre 1998, accesado Febrero 1999.

[8]Información General, <http//editie.nl/wj95/facts/guatemal.htm>, accesado Febrero 1999.

[9]Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile, Memorándum para Archivo: Río Motagua, Recuperación del Huracán Mitch, Mobile, Alabama, 10 de Diciembre de 1998.

[10]Chavarria, Federico y Juan José Sandoval, Proyecto Modelaje Matematico para el Pronóstico de Crecidas en Tiempo Real y Control de Inundaciones en América Central – aplicación del Modelo Matematico de Simulación Hidrodinámica Danes, Mike –11, a las Cuencas de los Ríos Cahabon, Polochic y Chixoy, en Guatemala, ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Sismología, Volcanología, Meteorología e Hidrología, Julio 1998.

[11]Oficiales de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero 1999.

[12]Oficiales de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos (ERIS), comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero 1999.

[13]Oficiales del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero 1999.

[14]Oficiales de la División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia (DSM-MSPyAS), comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero 1999.

[15]Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) Reporte de la Infraestructura de Guatemala, Guatemala 1998, Fragmentos del Reporte Técnico Obtenido durante la Visita a Guatemala, Febrero 1999, p.30.

[16]CONAMA, Febrero 1999, p. 30.

[17]Orlandino T. Arteaga, Abril 1998, p.i.

[18]Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano – Situación Actual de los Recursos Hídricos en Guatemala, Guatemala, Agosto 1998.

[19]Plan Regional de Inversiones en Ambiente Salud, Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala, Serie Análisis Sectoriales, No. 4, Marzo 1995.

[20]Oficiales de EMPAGUA, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[21]Oficiales de INFOM, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[22]Oficiales de DSM-MSPyAS, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero de 1999.

[23]Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Estudio Sobre el Desarrollo de las Aguas Subterráneas en el Altiplano Central de la República de Guatemala, Tokyo: Kokusai Kogyo Co. Ltd., Julio 1995, pp 5-1 y 6-1.

[24]Oficiales de DSM-MSPyAS, comunicaciones personales con los especialistas del grupo en recursos de agua, Febrero 1999.

[25]CONAMA, Febrero 1999, p.30.

[26]Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano – Situación Actual de los Recursos Hídricos en Guatemala, Agosto 1998.

[27]Oficiales del Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero 1999.

[28]Oficiales de ERIS, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[29]Oficiales del Instituto Nacional de Electrificación (INDE), comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero de 1999.

[30]Oficiales de INDE, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[31]Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala, Breve Historia de la Geotermia en Guatemala, ciudad de Guatemala, Junio 1998.

[32]Oficiales del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Metereologia, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, ciudad de Guatemala, Febrero de 1999.

[33]Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano – Situación Actual de los Recursos Hídricos de Guatemala, Agosto 1998.

[34]Orlandito T. Arteaga, Abril 1998, pp. i-l.

[35]Orlandito T. Arteaga, Abril 1998, pp. i-l.

[36]Orlandito T. Arteaga, Abril 1998, p. i-l.

[37]Bienviendo a Guatemala, <http//www.guatemala.travel.com.gt>, accesado Febrero 1999.

[38]Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Plan Maestro de Riego y Drenaje, Etapa I, ciudad de Guatemala, Febrero 1991, p.34.

[39]Libreria del Congreso, División de Ciencia y Tecnología, Borrador del Reporte del Medio Ambiente en Guatemala, Departamento de Estado contrato No. SAT/TOA/1-77, Washington, DC, Mayo 1979, p. ii.

[40]Orlandino T. Arteaga, Abril 1998, p.i.

[41]Oficiales de ERIS, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[42]Oficiales de INDE, comunicaciones personales con el grupo de especialistas en recursos de agua, Febrero 1999.

[43]Steven A. Sader, Monitoreo de los Bosques y Cambios en el Satélite, “Análisis de la Reserva de la Biosfera Mayo”, Distrito de Petén, ciudad de Guatemala, Conservación Internacional Pro-Petén”, 01 Octubre de 1996.

[44]Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, La Deforestación en Guatemala, 1996.

[45]Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlan, Boletín Informativo, “Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlán”, No. 2, Edición 3, ciudad de Guatemala, 1998.

[46]Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección Técnica de Avenimiento, División de Estudios, Plan Maestro de Riego y Drenaje, Documento Hidrogeologia No. 2, ciudad de Guatemala, Febrero 1991, pp. 3-72.

[47]Naciones Unidad, Agua Subterránea en el Hemisferio Occidental – Guatemala, Serie Recursos Naturales de Agua, Serie 4, New York 1976, pp. 103-106.

[48]Eduardo Velázquez, El Agua Subterránea en la Planificación de Recursos de Agua, “Agua Subterránea en Rocas Volcánicas”, Vol. 1, Koblenz, Alemania, 1983, pp. 201-207.

[49]Ministerio de Agricultura, 1991, pp. 3-72.

Bibliografía

Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Estudio Sobre el Desarrollo de las Aguas Subterráneas en el Altiplano Central de la República de Guatemala. Tokyo: Kokusai Kogyo Co., Ltd., Julio 1995.

Agencia Internacional para el Desarrollo, Departamento de Ciencia y Tecnología, Oficina de Ciencia Forestal, Medio Ambiente, y Recursos Naturales. Borrador del Reporte del Medio Ambiente de Guatemala. Washington, DC, Mayo 1979.

Artega, Orlandino T. El Sector Recursos Hídricos y su Infraestructura Institucional-República de Guatemala. Guatemala, Abril 1998.

Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. Boletín Informativo, "Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlán." No. 2, Edición 3, Ciudad de Guatemala, 1998.

Caircross, S. Desarrollo del Agua en el Mundo, "Los Beneficios del Suministro de Agua." Hong Kong: Grosvenor Press International, 1987.

Chavarría, Federico, y Juan José Sandoval. Proyecto Modelaje Matemático para el Pronóstico de Crecidas en Tiempo Real y Control de Inundaciones en América Central–Aplicación del Modelo Matemático de Simulación Hidrodinámica Danes, Mike-11, a las Cuencas de los Ríos Cahabon, Polochic y Chixoy, en Guatemala. Ciudad de Guatemala : Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Julio 1998.

Choc, Fernando López. Instalación de Limnígrafos en Estaciones de la Red Hidrológica Nacional y Aforado de Corrientes Superficiales de Guatemala. Ciudad de Guatemala : Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 1999.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. Reporte de la Infraestructura del Sector de Guatemala, Guatemala, 1998. Extracto del Reporte Técnico Obtenido durante la visita al País de Guatemala. Febrero de 1999.

Cooperativa para la Ayuda Americana a todas partes. Proyecto Agua y Salud Rural PN-50. Ciudad de Guatemala, 1998.

Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala. Municipalidad de Guatemala Créase la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala - la Cual Puede Abreviarse. Ciudad de Guatemala, 1998.

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. La Deforestación en Guatemala. 1996.

Gaillard, Claudio Cabrera. Síntesis Histórica de la Deforestación en Guatemala. Guatemala, 1996.

Información General. <http//www.editie.nl/wj95/factsh/guatemal.htm>. Accesado en Febrero de 1999.

Guatemala Infoguat. <http//www.infoguat.guatemala.org>. Accesado en Febrero de 1999.

Guatemala En-linea. <http//www.quetzalnet.com>. Accesado en Febrero de 1999.

Gysel, M. Construcción de Presa para Energía Internacional, "Elevación de la Carga del Túnel para el Esquema del Río Chixoy-Guatemala." Vol. 39, No. 2, Febrero de 1987.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). Atlas Hidrológico-Inventario del Recurso Agua en Guatemala. Mapa, Escala 1:1,000,000, Edición 1, Ciudad de Guatemala, Marzo de 1976.

IGN. Calidad del Agua. Boletín No. 1, 1972.

IGN. Guatemala. Mapa, Escala 1:500,000, 1973.

IGN. Mapa Geológico de La República de Guatemala. Mapa, Escala 1:500,000, 1970.

Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala (INDE). Breve Historia de la Geotermia en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Junio de 1998.

INDE. El Sector Eléctrico de Guatemala-INDE: Gerencia de Planificación. 1998.

INDE. Informe Estadístico 1997. 1998.

INDE. Memoria de Labores 97. 1998.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Balance Hídrico Superficial de La República de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Junio de 1992.

INSIVUMEH. Boletín Hidrológico No. 15-Año Hidrológico 1983-1984. 1985.

INSIVUMEH. Boletín Hidrológico No. 16-Información Hidrológica, "Curvas de Caudal 1986-1988, Estado de la Información de Campo 1990-1996, Programa de Rehabilitación de Estaciones 1997." Marzo de 1998.

INSIVUMEH. Diseño de Drenajes y Recarga de Acuíferos en el Valle de la Ciudad de Guatemala. Noviembre de 1998.

Mapas Internacionales de Viaje. Guatemala. Mapa, Escala 1:500,000, Edición 3, Vancouver, Canadá, 1998.

Biblioteca del Congreso, Ciencia y División de Tecnología. Borrador del Reporte del Medio Ambiente de Guatemala. Contrato del Departamento de Estado No. SA/TOA/1-77, Washington, DC, Mayo de 1979.

Martin, David. Hochtief Nachrichten-Túneles y Perforaciones en Túneles, "Guatemalan Gremlins Wreak Havoc Underground." Vol. 17, No. 1, Londres: Morgan-Grampian, Ltd., Enero de 1985.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección Técnica de Avenamiento, División de Estudios. Plan Maestro de Riego y Drenaje Documento-Hidrogeología. No. 2, Ciudad de Guatemala, Febrero de 1991.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Plan Maestro de Riego y Drenaje, "El Papel de los Sectores Público y Privado en el Desarrollo del Riego y Drenaje Agrícola en Guatemala." No. 1, 1992.

Organización de Estados Americanos. Diálogo Inter-Americano del Manejo del Agua, Dirección de la Organización de los Recursos Hídricos en las Américas. Vol. 11, Centro América, <http//iwrn.ces.fau.edu/centreng.htm>. Accesado en Febrero de 1999.

Organización Panamericana de la Salud. Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Guatemala. Washington, DC, Marzo de 1995.

Plan de Acción Para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano-Situación Actual de Los Recursos Hídricos en Guatemala. Guatemala, Agosto de 1998.

Sader, Steven A. Monitoreo Forestal y Cambio de Satélite, "Análisis para Detectar la Reserva de la Biósfera Maya." Distrito del Petén, Ciudad de Guatemala: Conservación Internacional Propetén, 1. de Octubre de 1996.

Simón, Paul. Tapped Out–La Crisis Mundial que se Avecina y Qué es lo que Podemos Hacer al Respecto. Nueva York: Editorial Welcome Rain, 1998.

Tchobanoglous, George, and Edward D. Schroeder. Calidad del Agua. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Compania Editora, 1987.

Naciones Unidas. Estudio de Aguas Subterráneas Guatemala, Conclusiones y Recomendaciones del Proyecto. DP-UN-GUA-72-011-1, Nueva York, 1978.

Naciones Unidas. Aguas Subterráneas en el Hemisferio Occidental–Guatemala. Recursos Naturales de Agua Serie No. 4, Nueva York, 1976.

Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, Distrito de Mobile. Memorándum para el Archivo: Río Motagua, Recuperación del Huracán Mitch. Mobile, Alabama, 10 de Diciembre 1998.

Universidad Rafael Landivar Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agricola. Perfil Ambiental de la República de Guatemala. Vista Hermosa, Guatemala, Noviembre de 1984.

Universidad de Georgia, Instituto de Ecología. Borrador del Perfil Ambiental de Guatemala Primera Fase 1. Contrato de Servicio para el Parque Nacional No. CX 0001-0-0004, Athens, Georgia, Mayo de 1981.

Universidad de Maine, Laboratorio de Análisis de Imágenes del estado de Maine. Serie de la Revista Time Detección del Cambio de los Bosques Tropicales para la Reserva de la Biósfera Maya: Estimado Actualizado para el año 1995 hasta el año 1997. Maine, 1998.

Velázquez, Estuardo. Agua Subterránea en la Planificación de Recursos del Agua, "Agua Subterránea en Rocas Volcánicas." Vol. 1, Koblenz, Alemania, 1983.

Bienvenido a Guatemala. < http//www.guatemala.travel.com.gt>. Accesado en Febrero de 1999.

Weyl, Richard. Geología de Centro América. Edición 2, Berlín: Gebrüder Borntraeger, 1980.

Centro de Monitoreo para la Conservación del Mundo. Alianza Forestal Latinoamericana y Areas Forestales Protegidas. <http//www.latinsynergy.org/gua_map.htm>. Accesado en Febrero de 1999.

APENDICE A

Lista de Oficiales Consultados y Lista de Agencias Contactadas

Muchos individuos en el sector público y privado fueron consultados los cuales proporcionaron su ayuda y cooperación excepcional:

Lista de Oficiales Consultados

Nombre, Cargo	Agencia/Firma	Dirección	Tel/Fax/Email
Teniente Coronel Grady Reese	Grupo Militar de los Estados Unidos	Avenida La Reforma 7-45 Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-3254 Fax: (502) 332-2844 Email: usmilgp@guate.net
Alberto Fernández, Jefe Interino de Misiones	Embajada de los Estados Unidos	Avenida La Reforma 7-01 Zona 10 Ciudad de Guatemala	
Chris Becker Oficial del Medio Ambiente, Sección Económica	Embajada de los Estados Unidos	Avenida La Reforma 7-01 Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 331-1541 Ext. 4633 Fax: (502) 334-8474
Carlos Chacón Oficial del Medio Ambiente	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)	1a Calle 7-66 Zona 9 Ciudad de Guatemala 40907	Tel: (502) 332-0202 Fax: (502) 332-0532
Erwin Estrada Oficial del Medio Ambiente	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)	1a Calle 7-66 Zona 9 Ciudad de Guatemala 40907	Tel: (502) 332-0202 Fax: (502) 332-053 Email: egarzona@usaid.gov
Ing. Eddy Sanchez Benett Director General	Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)	7a Avenida 14-57 Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 331-5944 Fax: (502) 331-5005y Email: insivume@ops.org.gt
Ing. Héctor Hernández Hidrogeólogo	INSIVUMEH	7a Avenida 14-57 Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 331-5944 Fax: (502) 331-5005 Email: insivume@ops.org.gt
Juan Carlos Chevez Gerente	DAHO POZOS	17 Avenida 26-02 Zona 11 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 442-1844 (502) 476-1593 Fax: (502) 476-1597 Email: jccheves@infovia.com.gt
Barbara Gay Coordinador Para Ayuda de Emergencia	Servicios de Ayuda Católica	1a Avenida 10-57 Zona 10 Ciudad de Guatemala 01010	Tel: (502) 331-0285 (502) 331-0603 (502) 331-0682 Fax: (502) 332-0107 Email: crsgua@guate.net
Todd Holmes Asistente de Proyecto	Servicios de Ayuda Católica	1a Avenida 10-57 Zona 10 Ciudad de Guatemala 01010	Tel: (502) 331-0285 (502) 331-0603 (502) 331-0682 Fax: (502) 332-0107 Email: crsgua@guate.net
Dr. Sergio Hurtarte B. Gerente, Proyectos de Salud	Servicio de Ayuda Católica	1a Avenida 10-57 Zona 10 Ciudad de Guatemala 01010	Tel: (502) 331-0285 (502) 331-0603 (502) 331-0682 Fax: (502) 332-0107 Email: crssalud@emailgua.com
Adan Pocasangre Coordinador Para Ayuda de Emergencia	Servicia de Ayuda Católica	1a Avenida 10-57 Zona 10 Ciudad de Guatemala 01010	Tel: (502) 331-0285 (502) 331-0603 (502) 331-0682 Fax: (502) 332-0107 Email: crssalud@emailgua.com

Lista de Oficiales Consultados (Continuación)

Nombre, Cargo	Agencia/Firma	Dirección	Tel/Fax/Email
Ing. Alfredo Ortiz	PLAMAR, Ministerio de Agricultura	7a Avenida 12-90 Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-4120 Fax: (502) 332-4082 Email: plamar@starnet.net.gt
Ing. Carlos Quezada Vega Gerente	Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)	Municipalidad de Guatemala, 3er Nivel Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 232-9720 (502) 253-1711 Fax: (502) 232-0601
Adolfo González	EMPAGUA	Municipalidad de Guatemala, 3er Nivel Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 232-9720 (502) 253-1711 Fax: (502) 232-0601
Ing. Alvaro Solano Ingeniero Químico y Sanitario	DSM-MSPyAS, División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	2a Avenida 0-61 Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-1279 Email: divsan@ops.org.gt
Ing. José Efraín Aguilera Asesor	Dirección de Límites y Aguas Internacionales, Ministerio de Relaciones Exteriores	14 Calle 'A' 9-49 Zona 1 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 253-4944 Email:aguilera@micro.com.gt
Ing. José Luis Ordóñez Director	Dirección de Límites y Aguas Internacionales, Ministerio de Relaciones Exteriores	14 Calle 'A' 9-49 Zona 1 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 253-4944
Dr. Steve Ault	Organización Panamericana de la Salud (PAHO)	7a Avenida 12-23 Edificio Etisa, 3er Nivel Apartado Postal 383 Zona 9 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-2032 (502) 339-4358 Fax: (502) 334-3804 Email: sault@ops.org.gt
Ing. Fernando Boiton Director General	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	Avenida Las Américas 5-76, 1er Nivel Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-2611 (502) 332-0982 (502) 332-3983 Fax: (502) 331-3548 Email: ign@ign.gob.gt
Ing. Efraín López	IGN	Avenida Las Américas 5-76, 1er Nivel Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 332-2611 (502) 332-092 (502) 332-3983 Fax: (502) 331-3548 Email: ign@ign.gob.gt
Ing. Carolina Grajeda Gerente del Programa de Modernización	Instituto Nacional de Electrificación, Programa de Modernización(INDE)	Edif. La Torre, 7a Avenida 2-29 Zona 9, 01009 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-5711/19 Ext. 2201 Fax: (502) 334-5785 Email: gpinde@guate.net
Ing. Víctor Manuel Ortiz Geólogo	INDE, Estudios Geotermales y Desarrollo	Edif. La Torre, 7a Avenida 2-29 Zona 9, 01009 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-5711/19 Ext 2273 Fax: (502) 334-5036 Email: geotinde@guate.net
Ing. Marco Antonio Bocaletti M. Jefe de Trabajos Civiles	INDE	Edif. La Torre, 7a Avenida 2-29 Zona 9, 01009 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-5711/19 Ext 2237 Fax: (502) 334-5036 Email: geotinde@guate.net
Ing. René Rolando Mena Klee Primer Vicepresidente	Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA)	13 Calle 5-16 Edificio Torre San Francisco, 5 Nivel Zona 1 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 253-4137 Fax: (502) 253-4197

Lista de Oficiales Consultados (Continuación)

Nombre, Cargo	Agencia/Firma	Dirección	Tel/Fax/Email
Ing. Teófilo Alvarez	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidraúlicos (ERIS), Universidad de San Carlos	Universidad San Carlos Ciudad Universitaria Edificio T-1, 3er Nivel Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 476-0424 Fax: (502) 476-9567
Ing. Elfego Orozco	ERIS	Universidad San Carlos Ciudad Universitaria Edificio T-1, 3er Nivel Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-0205/0206 (502) 331-5958 Fax: (502) 476-9567
Contacto a través de PLAMAR	Instituto Nacional de Bosques (INAB)	7a Avenida 6-80 Zona 13 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 472-0736
Ing. Joram Gil	Cooperativa Para la Ayuda Americana a todas partes (CARE)	Avenida Reforma 664 Edificio de Banora Torre 1, 8 Nivel Apartado Postal 1211 Zona 9 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 339-1139 Ext. 253 Fax: (502) 339-1166 Email: jgil@care.org.gt
Ing. Guillermina Cortés	Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)	5 Av. 8-07 Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-1708 2723 7174
Ing. Juantin	CONAMA	5 Av. 8-07 Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 334-1708 2723 7174
Ing. Estuardo Velásquez, Director Ejecutivo e Hidrogeólogo	Instituto de Fomento Municipal (INFOM)	11 Avenida 'A' 11-67 La Verbena Zona 7 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 440-2315 Fax: (502) 472-0970
Ing. Fernando Valladares, Ingeniero Químico	Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA)	10a Avenida 18-02 Comercial Prisa Los Próceres, 3er Nivel Zona 10 Ciudad de Guatemala	Tel: (502) 367-5184 5187 5188 5189 Email: arrla@guate.net

Lista de Agencias Contactadas

Organización	Acrónimo	Traducción en inglés	Area de Responsabilidades
Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca y del Lago de Amatitlán	AMSA	Authority for the Sustainable Development of the Amatitlán Lake and Watershed	Para rescatar y proteger la Cuenca y el Lago de Amatitlán.
Comisión Nacional del Medio Ambiente	CONAMA	National Commission of the Environment	Coordinación de todo el trabajo ambiental en el país.
División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	DSM-MSPyAS	The Environmental Sanitation Division, of the Ministry of Public Health and Assistance	La División Técnica está a cargo de preparar y ejecutar programas que mejoren y mantengan las condiciones sanitarias ambientales; establecer reglas y procedimientos para evitar el deterioro ambiental; supervisar y evaluar actividades especiales llevadas a cabo a nivel de trabajo.
Empresa Municipal de Agua	EMPAGUA	Municipal Management of Water	Autoridad de la Ciudad de Guatemala para agua potable y aguas negras, responsable de la administración de agua para la creciente población metropolitana, para drenaje de aguas lluvias, aguas negras y sanitarias.
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos	ERIS	The Regional School of Sanitary Engineering and Hydraulic Resources	Escuela de Ingeniería que ofrece Maestrías en Ingeniería Sanitaria y Recursos de Agua, con un fuerte programa de educación continua en tecnología.
Instituto Geográfico Nacional	IGN	Institute of National Geography	Generación de información básica del estado de recursos naturales de las cuencas de los ríos, recolección de datos geográficos y mapas de cuencas de ríos. Responsables de todos los proyectos de cartografía del país.
Instituto Nacional de Bosques	INAB	National Institute of Forestry	Proteger y preservar los bosques del país
Instituto Nacional de Electrificación	INDE	Institute of National Electricity	Proveedor Principal de energía eléctrica del país.
Instituto de Fomento Municipal	INFOM	Institute of Municipal Development	Apoya el desarrollo socio-económico de las 329 municipalidades del país.
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	INSIVUMEH	National Institute of Seismology, Vulcanology, Meteorology and Hydrology	Desarrolla actividades científicas y técnicas relacionada a los recursos hidráulicos del país por que es responsable de la información básica usada en la planificación del uso de los recursos de agua. Controla el caudal de los ríos del país, procesa datos hidrológicos y publica reportes hidrológicos anuales, aplicaciones hidrológicas y experimentos en recursos del agua.
Instituto Nacional de Transformación Agraria	INTA	National Institute of Agrarian Transformation	Legalización de la tenencia en todo el país; ayudando al gobierno a la reincorporación y repatriación de la población.

Lista de Agencias Contactadas (Continuación)

Organización	Acrónimo	Traducción en inglés	Area de Responsabilidades
Ministerio de Relaciones Exteriores, Dirección de Límites y Aguas Internacionales		Ministry of Foreign Affairs, Water Boundaries and International Waters	Responsable de todos los asuntos limítrofes territoriales internacionales relacionados a la República y todo lo que se refiere a los límites de aguas internacionales.
Organización Panamericana de la Salud	PAHO	Pan American Health Organization	Colabora con agencias gubernamentales y no-gubernamentales para fortalecer los sistema de salud locales y nacionales y mejorar la salud de la gente en el país.
Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego	PLAMAR	Action Plan for the Modernization and Promotion of Agriculture under Irrigation	Es parte de la Organización del Ministerio de Agricultura; promueve y coordina proyectos de irrigación.

APENDICE B

Glosario

Glosario

auvial	Lo relacionado con procesos o materiales asociados con la transportación o deposición de estos por corrientes de agua.
abanico aluvial	Un deposito de sedimento en forma de cono que ha sido transportado por el agua típicamente desde las montañas hacia las tierras bajas.
aluvión	Material no consolidado que ha sido depositado por la acción del agua, usualmente de los ríos. El aluvión puede tener propiedades hidrogeologicas muy buenas.
acuífero	Una zona localizada bajo la superficie de la tierra que es capaz de producir agua como si fuera un pozo.
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.
acuífero confinado	Un acuífero que está rodeado por arriba y por debajo de lechos impermeables o por lechos de permeabilidad más baja que la del mismo acuífero.
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 litros o menos de total de sólidos disueltos.
agua potable	Agua que no contiene ninguna polución, contaminación, minerales o agentes infecciosos y que se considera satisfactoria para consumo domestico.
agua salina	Agua que contiene más de 15,000 miligramos por litro de total de sólidos disueltos. El agua salina no (agua salada) se puede tomar sin antes tratarse
acuífero no confinado	Un acuífero que contiene una lámina acuífera.
areniscas	Una roca sedimentaria de suave a moderadamente dura compuesta principalmente de granos de cuarzo unidos. Esta roca posee buenas propiedades hidrogeologicas.
basalto	Una roca ígnea de color oscuro de granos finos, dura, densa que se presenta generalmente en caudales de lava. Usualmente poseen propiedades hidrogeologicas muy pobres.
cárstico	Una topografía que se ha formado sobre roca soluble (piedra caliza o dolomita) que se caracteriza por sumideros, cavidades y drenaje subterráneo.
cloruro	Un compuesto del cloro y un radical positivo de uno o más elementos.
clastico	Consiste de fragmentos de roca que pueden haber sido transportadas desde sus lugares de origen.
Cretáceos	Una división del tiempo geológico de 66 a 138 millones de años atrás, durante la cual ciertas rocas fueron formadas. Cae cronológicamente después de la Jurásica y antes de la Terciaria. La era Cretácea es la división más joven de la era Mesozoica.
ciclo hidrológico	El movimiento del agua y del vapor de agua del océano hacia la atmósfera, a la tierra y de regreso al océano y de allí nuevamente hacia la atmósfera.
ciénaga	Un área de terreno saturado dominado por plantas acuatícas.
Cuaternaria	Un sistema geológico que representa un período de tiempo desde la actualidad hasta 1.6 millones de años atrás. Este período está en la era Cenozoica.
deforestación	Es el proceso mediante el cual grandes extensiones de tierra pierden vegetación debido a razones agrícolas o económicas.
dolomita	Roca sedimentaria de suave a moderadamente dura compuesta de carbonato de magnesio. Las variedades compactas y cristalinas constituyen generalmente buenos materiales de construcción. Si se encuentra altamente fracturada o químicamente intemperizada, la dolomita puede producir grandes volúmenes de agua subterránea.
estuario	Una desembocadura de río que se extiende hacia adentro y está típicamente sujeta a fluctuaciones de mareas y variaciones en las descargas del río. La calidad del agua en los estuarios es generalmente salobre.
evaporita	Roca sedimentaria formada por la evaporación de una solución, usualmente agua salada. La evaporita generalmente forma sulfato de calcio o anhídrido.

esquisto	Una roca metamórfica de granulosidad media a gruesa que es moderadamente dura, de color gris a negra, escamosa y algunas veces con pliegues.
falla	Una fractura o una zona fracturada de la tierra que se ha desplazado de un lugar.
fractura	Un quiebre en una roca
gneis	Roca dura, metamórfica de grano de mediano a grueso que consiste de bandas alternadas de minerales de colores de claros a oscuros.
granito	Una roca ígnea intrusiva, áspera y cristalina, dura, compacta de color claro. Si no está fracturada o intemperizada, el granito producirá normalmente solamente pequeñas cantidades de agua subterránea.
intrusión de agua	Desplazamiento del agua dulce superficial o subterránea por el avance del agua
salada	Salada debido a su mayor densidad. La intrusión de agua salada usualmente ocurre en áreas costeras y de estuarios donde contamina pozos de agua dulce
interestratificada	Que se da entre o que está junto con otros sedimentos o unidadesde roca; interestratificada.
intermitente	Describe un río o una extensión del río que fluye únicamente en determinados períodos del año, cuando recibe agua de manantiales o de fuentes de agua superficial.
intrusiva	Una roca que se ha cristalizado por el magma dentro de la superficie de la tierra.
igneos	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 plutonica. Si no está fracturada o intemperizada, producirá únicamente pequeñas cantidades de agua subterránea.
lahar	Deslave o flujo de lodo de depósitos piroclásticos que sucede en los flancos de los volcanes.
lava	Roca fluida tal como la que fluye de los volcanes o de una fisura en la superficie de la tierra. Lava también es el mismomaterial que se ha vuelto sólido por enfriamiento.
lajilla	Una roca sedimentaria de suave a moderadamente dura escamosa, compuesta de partículas muy finas. La lajilla usualmente se intemperiza en pequeños y delgados pedazos escamosos. Generalmente posee alta porosidad y baja permeabilidad, por lo que forma un acuífero muy pobre.
marga (arcilla calcárea)	Roca sedimentaria compuesta principalmente de arcilla y carbonado de calcio. La marga está interestratificada con lajillas y piedras calizas y posee unos pocos usos en construcción. Normalmente no constituye un buen acuífero y usualmente actúa como una capa confinada.
metamórfico	Una clase de rocas formadas por la compresión, alteración química, o calentamiento de rocas ígneas o sedimentarias.
Mioceno	Un sistema geológico que representa una época de tiempo de aproximadamente 5 a 25 millones de años atrás. Cae cronológicamente después del Oligoceno y antes del Plioceno. Esta división está en el período Terciario y la era Cenozoica.
manantial	El lugar donde el agua subterránea fluye desde una roca o desde el suelo hacia la superficie de la tierra o hacia un cuerpo de agua superficial. Su incidencia depende de la naturaleza y relación de las rocas, especialmente rocas permeables y estrata impermeable; en la posición del nivel freatico del agua y en la topografía.
nivel freatico del agua	Es la superficie superior de una zona de saturación. Cuando la superficie superior está formada por un cuerpo impermeable no existe esta lámina de agua.
planicie de inundación	Terreno nivelado de ambos lados de un canal que está sujeto a flujos de inundación.
Paleozoica	Una división de tiempo geológico de 240 a 560 millones de años atrás, durante la cual algunas rocas se formaron. Cae cronológicamente después de la era Proterozoica y antes de la Mesozoica. Incluye las divisiones Cambriana, Ordovicence, Silurica, Devoniana, Mississippian, Pennsylvanian y Pérmica.
perenne	Relacionado con el agua que está disponible todo el año.
permeabilidad	La capacidad que tiene una roca de transmitir fluidos.
Pérmica	Una división del tiempo geológico de 240 a 290 millones de años atrás durante la cual

	fueron formadas ciertas rocas. Cae cronológicamente después de la era Pennsylvanian y antes de la Triasica. La Pérmica es la división más joven de la era Paleozoica.
piedra caliza	Roca sedimentaria de suave a moderadamente dura principalmente compuesta de carbonato de calcio.
pH (potencial de hidrogeno)	Es una media de la acidez o alcalinidad de una solución, numéricamente igual a 7 para soluciones neutrales, que aumenta con el aumento de alcalinidad y disminuye con el aumento de la acidez. La escala de pH comúnmente en uso tiene un rango de 0 a 14.
pantano	Un área de terreno saturado en el cual dominan los arboles y arbustos.
Plioceno	Un sistema geológico que representa una época de tiempo de 2 a 5 millones de años atrás. Esta época se encuentra en el periodo Terciario y la era Cenozoica.
porosidad	El ratio del volumen de los huecos (poros) en una roca, generalmente indicado en porcentaje.
piroclástico	Un tipo de roca formada por la acumulación de fragmentos de roca volcánica esparcidos por explosiones volcánicas.
sedimentario	Una clase de rocas formada por la acumulación y solidificación de una variedad de sedimentos.
sedimentación	El proceso de deposición de material sedimentario, especialmente por medios mecánicos desde un estado de aire o agua a través del tiempo.
sumidero	Una depresión en la superficie de la tierra en forma de embudo formada en una roca por la acción del agua.
sulfato	Es una sal de ácido sulfúrico conteniendo el bivalente, SO_4 negativo.
tectónico	Designación de una estructura de roca como el resultado de la deformación de la cubierta de la tierra.
Terciaria	Un período del tiempo geológico de 1.6 a 66 millones de años atrás durante los cuales ciertas rocas se formaron. La era Terciaria cae cronológicamente después de la Cretácea y antes de la Cuaternaria. Incluye el Paleoceno, Eoceno, Mioceno y el Plioceno. La era Terciaria es la división más antigua del Cenozoico. Afuera de los Estados Unidos generalmente se divide en Paleogeno y Neogeno.
tufa	Una roca ígnea extrusiva, suave, de color claro, formada por la compactación de material piroclastico (ceniza y polvo).
yeso	Roca sedimentaria evaporitica, de color claro, suave y estratificada en forma compacta.

APENDICE C

Recursos de Agua Superficial y Subterránea

Tablas y Figuras

Preparado por: División de Operaciones del Centro de Ingeniería Topográfica de la Fuerza Armada de los Estados Unidos
Sección de Análisis Hidrológicos
7701 Telegraph Road
Alexandria, VA 22315-3864

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible	Ríos perennes y lagos existen en el país. Los ríos principales se listan a continuación. **Cuenca del Mar Caribe (II):** Río Cahabon (1525N08936W)[3], Río Motagua (1544N08814W), y Río Polochic (1528N08922W). **Cuenca del Golfo de México (III):** Río Chixoy (1604N09027W), Río de La Pasión (1628N09033W), y Río Usumacinta (1714N09124W). Lagos principales se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** Lago de Atitlán (1442N09112W), Lago de Amatitlán (1427N09034W), Laguna de Ayarza (1425N09008W), Laguna de Refana (1425N08956W), Laguna de Atescatempa (1412N08942W), y Laguna de Guija (1416N08931W). **Cuenca del Mar Caribe (II):** Lago de Izabal (1530N08910W), Laguna Yaxja (1704N09013W), y El Golfete (1544N08853W). **Cuena del Golfo de Mexico (III):** Lago Peten Itza (1659N08950W), y Laguna Perdida (1704N09013W). Presas Principales se listan a continuación.	De grandes a muy grandes cantidades están disponibles todo el año provenientes de los ríos. Enormes cantidades están disponibles todo el año provenientes de lagos y presas. Ocurren pequeñas fluctuaciones en los niveles de ríos y lagos durante las estaciones. Algunos números de estaciones, ríos y su descarga promedio anual en los años 1983-96 se listan a continuación. **Cuenca del Mar Caribe (II):** **34**, Río Motagua en Morales (1528N08852W), 208.7 m^3/s; y **38**, Río Cahabon en Panzos (1524N08935W), 164.20 m^3/s. **Cuenca del Golfo de Mexico (III):** **47**, Río Salinas en San Agustín Chixoy (1605N09028W), almacena cerca de 460,000,000 Mm^3 del **73**, Río Chixoy, 320,000,000 Mm^3, **76**, Río de la Pasión en el Porvenir (1631N09029W), 322.8 m^3/s y **77**, Rio Usumacinta (1714N09124W), ha reportado una descarga de 1,559 m^3/s, la más grande de Centro América. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **74**, Presa Santa María (1444N09132W), la cual almacena 200,000 Mm^3 del Río Samala.	El agua es generalmente dulce. Las concentraciones de TSD varían de 192 a 389 mg/L, con cantidades variantes de materiales suspendidos dependiendo de la cantidad de lluvia. Los ríos están contaminados biológicamente cerca de las áreas muy pobladas. El Río Motagua esta biológica y químicamente contaminado. La dureza del agua varia de moderada a dura en la zona de piedra caliza en el Petén. El agua en las partes bajas de los ríos en la zona costera se convierte en agua salobre.	El desarrollo y acceso a puntos de toma de agua dependen de la topografía, cubierta vegetal y clima. Condiciones de topografía adversas que impiden el acceso, incluyen altos bordos laterales en lagos y ríos. Después de una lluvia fuerte, los caminos se vuelven intransitables para los equipos. Ríos que suben su nivel súbitamente pueden acarrear ripio y destruir los puntos de toma de agua. El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua es generalmente factible en zonas populosas y de gran potencial de inundación.	Se esperan altas cargas de sedimentos en los ríos dentro de esta categoría durante la estación lluviosa, de Mayo a Noviembre. La Protección del equipo contra inundaciones y ripio es necesaria. Se recomienda dar mantenimiento frecuente al equipo a lo largo de los canales que tienen altas cargas de sedimentos para contrarrestar sedimentaciones rápidas.

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible (continuación)	**Cuenca del Océano Pacifico (I):** Santa María (1444N09132W). **Cuenca del Golfo de México (III):** Embalse Chixoy (1517N09030W).				
2 Agua dulce localmente abundante	Ríos perennes e intermitentes en el país. Ríos principales se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (1):** Río Acuacapa (1406N09039W), Río Coyalate (1357N09119W), Río Ican (1408N09140W), Río Los Esclavos (1350N09020W), Río María Linda (1356NN09042W), Río Nahualate (1403N09132W), Río Paz (1345N09008W), Río Samala (1411N09147W), y Río Selegua (1542N09155W).	De moderadas a muy grandes cantidades están disponibles dependiendo de las estaciones. Las cantidades pueden ser pequeñas a moderadas al final de la época seca de Marzo a Abril. Algunos números de estaciones. Ríos y su descarga promedio anual se muestra a continuación: **Cuenca del Océano Pacifico(I):** **2**, Río Cabuz en Malacatán (1454N09202W), 21.30 m^3/s; **4**, Río Naranjo en Coatepeque (1446N09152W), 20.70 m^3/s; **5**, Río Melendrez en Melendrez II (1443N09153W), 10.26 m^3/s; **6**, Río Nahuatan en Pajapita (1444N09203W), 10.80 m^3/s; **7**, Río Ocosito en Caballo Blanco (1430N09151W), 31.10 m^3/s; **8**, Río Ocosito en Retalhuleu (1432N09141W), 26.20 m^3/s; **9**, Río Samala en El Palmar (1439N09135W), 10.36 m^3/s; **13**, Río Ican en Mazatenango (1432N09131W), 35.60 m^3/s; **14**, Río Nahualate en San Miguel oca (1427N09127W), 33,52 m^3/s; **18**, Río Coyolate en Puente Coyolate (1422N09108W), 14.40 m^3/s;	El agua es por lo general dulce con un TSD que varia de 89 a 299 mg/L. Algunos ríos pueden contener altos cloruros y sulfatos. Se da contaminación biológica cerca de muchos asentamientos. El Río Guacalate (1411N09053W), el cual drena la ciudad de Escuintla (1418N09047W), está altamente contaminado con desechos orgánicos (70 a 80%) y biológicos. Algunos números de estaciones, ríos y características de calidad del agua se listan a continuación: **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **7**, Río Ocosito en Caballo Blanco (1430N09151W), pH 7.9 TSD 192 mg/L, y dureza 58 mg/L; **24**, Río Los Esclavos Cuilapa (1417N09018W), pH 7.8, TSD 262 mg/L, y dureza 63 mg/L; **60**, Río Acaguapa en Agua Caliente (1420N09028W), pH 8.2, TSD 299, y dureza	El desarrollo y acceso a puntos de toma de agua dependen de la topografía, cubierta vegetal y clima. En las planicies costeras del norte y sur, el acceso es por lo general fácil debido a la topografía del terreno y por su red de caminos.	Se requiere dar protección al equipo en contra de inundaciones y caudales de ripio. Se espera que los ríos estén contaminados en las planicies costeras. Desechos agrícolas, orgánicos y biológicos se encuentran en todas las masas de agua. Menor cantidad de desperdicios industriales se esperan encontrar en ríos que drenan poblaciones principales.

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
2 Agua dulce localmente abundante (continuación)		**19**, Río Acome en La Gomera (1405N09103W) 27.00 m^3/s; **22,** Río María Linda en Guanagazapa (1414N09039W), 71.20 m^3/s; **23**, Río Nahualate en Santo Domingo (1418N09027W), 23.20 m^3/s; **24**, Río Los Esclavos en Cuilapa (1417N09018W), 15.80 m^3/s; **25**, Río Paz en Jalpatagua (1408N08957W), 23.20 m^3/s; y **50**, Río Acaguapa en Pueblo Nuevo Vinas (1414N09032W), 11.00 m^3/s. **Cuenca del Mar Caribe (II):** **29**, Río Motagua en Granados (1454N09033W), 52.70 m^3/s; **30**, Río Los Plátanos en Panajax (1453N09027W), 25.03 m^3/s; **31**, Río Motagua en Puente Orellana (1455N08948W), 20.54 m^3/s; **33**, Río Grande de Zacapa en Camotan (1449N08922W), 27.00 m^3/s; **36**, Río Matanzas en Matucy (1521N08941W), 52.93 m^3/s; **37**, Río Boca Nueva en Boca Nueva II(1523N08938W), 14.48 m^3/s; **39**, Río Polochic en Panzos (1522N08934W), 78.30 m^3/s; **40**, Río Gracias a Dios en Modesto Méndez (1556N08913W), 28.16 m^3/s; **Cuenca del Golfo de México(III):** **41**, Río Selegua en Chojil (1542N09155W), 38.00 m^3/s;	99 mg/L; **61**, Río Tapalapa en Pozo Escondido (1429N09006W), pH 7.9, TSD 340, y dureza 34 mg/L, **64**, Río Paz en El Jobo (1355N09006W), pH 8.4 TSD 389 mg/L y dureza 105 mg/L. **Cuenca del Mar Caribe (II):** **71**, Río Motagua en Concua (1452N09032W), pH 8.2, TSD 219 mg/L y dureza 71 mg/L; **72**, Río Motagua en El Rancho (1457N09000W), pH 8.1 TSD 216 mg/L y dureza 95 mg/L. **Cuenca del Golfo de México (III):** **65**, Río Selegua en Xemal (1527N09142W), pH 8.3, TSD 224 mg/L y dureza 149 mg/L; **68**, Río Chixoy en Chixoy (1523N09039W), pH 8.3, TSD 192 mg/L y dureza 136 mg/L; **69**, Río Cahabon en Chajcar (1529N09010W), pH 8.4, TSD 134 mg/L y dureza 144 mg/L; y **70**, Río Pixcaya en El Tesoro (1439N09054W), pH 8.1, TSD 186 mg/L y dureza 58 mg/L.		

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
2 Agua dulce localmente abundante (continuación)		**42**, Río Cuilco en Cuilco (1526N09157W), 38.00 m^3/s; **44**, Río Chixoy en Uspantan (1523N09050W), 10.70 m^3/s; **43**, Río Selegua en Colotenango (1527N09143W), 10.70 m^3/s; **75**, Río Azul en La Laguna (1546N09151W), 31.47 m^3/s.			
3 Agua dulce localmente abundante	Numerosos ríos pequeños, perennes e intermitentes a lo largo del país. Las fuentes están en los nacimientos de los ríos en las cuencas de drenaje las cuales alimentan los ríos en los costados de las montañas. Las principales fuentes de listan a continuación: **Cuenca del Océano Pacifico (I):** Río Coatan (1510N09214W), Río Guacalate (1411N09053W), Río Michatoya (1406N09039W), Río Naranjo (1430N09211W), Río Quixaya (1431N09107W), Río Sis (1419N09132W), y Río Xaya (1427N09106W). **Cuenca del Mar Caribe (II):** Río Sunzapote (1441N09156), Río Tzepela (1458N09104W), y Río Chilasco (1507N09006W).	Las cantidades pueden reducirse significativamente o aun llegar a secarse en la época de Febrero hasta Abril. Algunos números de estaciones, ríos y sus promedios de descargas anuales se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **1**, Río Coatan en Cunlaj (1513N09210W), 1.29 m^3/s; **3**, Río Naranjo en Corral Grande (1456N09145W), 1.74 m^3/s; **10**, Río Samala en Cantel (1434N09139W), 3.92 m^3/s; **11**, Río Sis en la Maquina (1418N09138W), 4.06 m^3/s; **12**, Río Samala en Candelaria (1439N09130W), 8.73 m^3/s; **15**, Río Cutzan en Montecristo (1431N09122W), 6.08 m^3/s; **17**, Río Quixaya en Puente Quixasya (1435N09108W), 1.88 m^3/s; **20,** Río Guacalate en Alotenango (1429N09053W), 1.16 m^3/s; **21**, Río Michatoya en Palin (1424N09042W), 4.80 m^3/s; **27**, Río Mongoy en El Jicaral (1417N08940W), 1.04 m^3/s; **48**, Río Machaquila en Machaquila (1623N08931W),	El agua es dulce. Los valores de TSD oscilan entre 89 y 283 mg/L con cantidades variantes de materiales suspendidos dependiendo de la cantidad de lluvia especialmente en el sur. Los ríos están biológicamente contaminados cerca de muchas áreas populosas. Los ríos en las partes altas probablemente tienen poca contaminación biológica. Los valores de dureza varían de moderados a duros en las regiones de piedra caliza. Muchos ríos en pendientes volcánicas en la parte sur de las tierras centrales altas tienen alto contenido de sulfatos. Algunos números de estaciones, ríos y características de la calidad del agua se listan a continuación: **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **10**, Río Samala (1434N09139W), pH 7.7, TSD 218 mg/L, dureza 55 mg/L; **16**, Río Panajachel (1448N09109W), pH 8.1,TSD 166 mg/L, dureza 60 mg/L; **51**, Río Samala en San Cristobal (1455N09126W), pH 7.8, TSD	El desarrollo y acceso a puntos de toma de agua dependen de la topografía, cubierta vegetal, y clima. En las montañas y el Petén, la falta de una red de caminos restringe el acceso. Taludes pronunciados restringen el acceso a las montañas. Después de lluvias fuertes, los caminos se vuelven intransitables para los equipos. Ríos que suben de nivel repentinamente pueden acarrear ripio y destruir los puntos de toma de agua. El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua se considera difícil en esta sección del mapa.	Se requiere dar protección al equipo contra las inundaciones y ripio, así como también de inspecciones frecuentes de mantenimiento recomendado para el equipo a lo largo de los canales que acarrean altas cargas de sedimentos para contrarrestar sedimentación rápida. En el ambiente cárstico del Petén, rápidas variaciones de los niveles del agua pueden ocurrir. Se esperan desperdicios biológicos, de agricultura y orgánicos en las masas de agua cerca de las poblaciones.

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
3 Agua dulce localmente abundante (continuación)	**Cuenca del Golfo de México (III):** Río Salama (1518N09027W), y Río Las Flautas (1506N09011W).	8.64 m^3/s. **Cuenca del Mar Caribe (II):** **28**, Río Tzepela en Chiche (1459N09104W), 2.07 m^3/s; **32**, Río Sunzapote en Pasabien (1502N08941W), 2.07 m^3/s; **35**, Río Chilasco en Chilasco (1507N09006W), 1.18 m^3/s. **Cuenca del Golfo de México (III):** **45**, Río Salma en San Jerónimo (1504N09014W), 2.98 m^3/s; **46**, Río Las Flautas en Matanzas (1506N09011W), 1.57 m^3/s; y **48**, Río Machaquila en Machaquila (1623N08931W), 8.64 m^3/s.	163 mg/L, dureza 45 mg/L; **52**, Río Nahualate en Santa Catarina Ixtahuacan (1448N09122W), pH 8.0, TSD 142 mg/L, dureza 53 mg/L; **53**, Río Yatza en Yatza (1438N09124W), pH 8.1, TSD 143 mg/L, dureza 60 mg/L; **54**, Río Quiscab en Jaibal (1445N09111W), pH 8.1, TSD 205 mg/L, dureza 61 mg/L; **55**, Río Madre Vieja en Panibaj (1440N09106W), pH 8.1, TSD 168 mg/L, dureza 64 mg/L; **56**, Río Santo Tomas en Santo Tomas Perdido (1435N09107W), pH 8.0, TSD 260 mg/L, dureza 144 mg/L; **57**, Río Xaya en La Sierra (1438N09058W), pH 8.0, TSD 166 mg/L, dureza 68 mg/L; **58**, Río Guacalate en Monte María (1425N09044W), pH 8.0, TSD 283 mg/L, dureza 130 mg/L. **Cuenca del Mar Caribe (I):** **66**, Río San Jerónimo en Las Astras (1506N09009W), pH 7.7, TSD 89 mg/L, dureza 45 mg/L. **Cuenca del Golfo de México (III):** **67**, Río San Jerónimo en San Jerónimo (1503N09013W), pH 8.1, TSD 92 mg/L, dureza 46 mg/L.		

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
4 Agua dulce localmente abundante	Numerosos ríos pequeños intermitentes en las partes altas, sumideros poco profundos, depresiones y zonas al norte que se inundan en temporadas. La mayoría de los drenajes en la zona norte son subterráneos debido a la disolución de la capa justamente debajo y que es de piedra caliza. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** Río Las Vacas (1452N09024W), Río Mongoy (1415N08942W), Río Panajachel (144N09109W), y Río Villalobos (1429N09034W).	Escasas a muy pocas cantidades de agua dulce están disponibles en ríos durante la estación lluviosa de Mayo a Octubre y las subsiguientes lluvias fuertes. Ríos que suben su nivel repentinamente pueden acarrear ripio y destruir los puntos de toma de agua. Las cantidades pueden reducirse significativamente o secarse durante la época seca. Algunos números de estaciones, ríos y sus promedios de descargas anuales se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **16,** Río Panajachel en Concepción Potrero (1448N09109W), 035 m^3/s; **26**, Río Mongoy en La Montañita (1415N08943W), 0.59 m^3/s; **59**, Río Villalobos en Villalobos (1430N09033W), 0.778 m^3/s.	El agua es dulce. Los valores de TSD oscilan entre 220 y 817 mg/L con cantidades de materiales suspendidos que varían dependiendo de la cantidad de lluvia, especialmente en el sur. Los ríos están biológicamente contaminados cerca de muchas áreas. El Río Villalovos y el Río Las Vacas, los cuales drenan la ciudad de Guatemala tienen concentraciones de fósforo, nitrato, potasio y sodio que exceden los limites establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Las cantidades altas de nitrógeno y fósforo inducen una reproducción de algas microcisticas aeroginosa en grandes cantidades. Este tipo de alga causa problemas en la piel y en el tubo digestivo de las personas. Estos ríos también acarrean una alta cantidad coliformes lo cual indica una contaminación de materiales fecales provenientes de aguas negras no tratadas. Materiales peligrosos provenientes de desperdicios industriales de la ciudad de Guatemala incluyen cromo VI, arsénico, plomo, cianuro, aluminio y otros. Las partes altas de las afueras de las zonas urbanas probablemente tengan contaminación biológica mínima, La dureza del agua varía de moderada a dura en las zonas de piedra caliza. Muchos ríos en las pendientes volcánicas en la parte sur de las tierras altascentrales tienen contenidos	El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua es difícil. Las condiciones topográficas adversas que impiden el acceso incluyen taludes inclinados, falta de infraestructura de calles y taludes muy inclinados. Después de fuertes lluvias los ríos pueden crecer rápidamente y los cambios de corrientes en el agua y el ripio pueden destruir los puntos de tomas de agua.	La mayoría de los ríos en esta categoría se originan cerca de centros poblacionales, por lo que se espera que tengan altos contenidos de contaminación. Deben tomarse precauciones para proteger el equipo contra las inundaciones. Planes de contingencia para suministros suplementarios de agua son necesarios ya que las cantidades locales durante la época seca pueden ser insuficientes.

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Accesibilidad	Observaciones
4 Agua dulce localmente abundante (continuación)			altos de sulfatos . Algunos números de estaciones, ríos y características de la calidad del agua se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** **59,** Río Villalobos en Villalobos (1430N09033W), pH 8.1, TSD 817 mg/L, oxigeno disuelto 0.29 por ciento y dureza 93 mg/L; **62**, Río Grande de Mita en Las Lechuzas (1422N08938W), pH 8.1, TSD 220 mg/L, dureza 73 mg/L; **63**, Río Grande de Mita en Las Cruces (1419N08938W) pH 8.0, TSD 239 mg/L y dureza 94 mg/L.		
5 Agua dulce escasa o inexistente	Ríos costeros, lagunas pantanos y estuarios. Dos de estas fuentes se listan a continuación. **Cuenca del Océano Pacifico (I):** Canal de Chiquimulilla (1355N09107W). **Cuenca del Mar Caribe (II):** Río Dulce (1549N08845W).	De grandes a enormes cantidades de agua salobre a salina están disponibles todo el año.	El agua varía de salobre a salina en los ríos de la zona costera, pantanos, lagunas y estuarios. El agua salobre en pantanos de la zona costera es de una calidad pobre y contiene altas cantidades de materia orgánica, hierro y magnesio. Cuando la marea sube, el agua de los ríos en la zona costera se hace más salina. En el caso de marea baja y cuando existen inundaciones, c el agua puede onvertirse de dulce a ligeramente salobre. Los estuarios típicamente contienen agua salina.	El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua se limita debido a la infraestructura de las calles, cubierta vegetal del suelo y condiciones del suelo. Inundaciones o cambios en la marea alta proveniente de las tormentas pueden destruir los puntos de toma de agua	Se deben de tomar precauciones para proteger el equipo de los deslizamientos de tierra en los taludes de los ríos y las fluctuaciones de los niveles de agua. El equipo debe de estar protegido contra la corrosión que provoca la exposición a las sales. Se necesita un equipo desalinizador del agua salobre y salina.

Tabla C-1. Recursos de Agua Superficial (Continuacíon)

[1]Términos Cuantitativos:

Enormes	= > 5,000 m^3/s (176,550 ft^3/s)
Muy Grandes	= > 500 a 5,000 m^3/s (17,655 a 176,550 ft^3/s)
Grandes	= > 100 a 500 m^3/s (3,530 a 17,655 ft^3/s)
Moderadas	= > 10 a 100 m^3/s (350 a 3,530 ft^3/s)
Pequeñas	= > 1 a 10 m^3/s (35 a 350 ft^3/s)
Muy Pequeñas	= > 0.1 a 1 m^3/s(3.5 a 35 ft^3/s)
Escasas	= > 0.01 m^3/s (0.35 a 3.5 ft^3/s)
Inadecuada	= ? 0.01 m^3/s (0.35 ft^3/s)

[2]Términos Cualitativos:

Agua Dulce	= Máximo TSD ? 1,000 mg/L; Cloruros máximo ? 600 mg/L; y sulfatos máximos ? 300 mg/L
Agua Salobre	= Máximo TSD > 1,000 mg/L pero ? 15,000 mg/L
Agua Salina	= TSD > 15,000 mg/L

Términos de Dureza:

Suave	= 0 a 60 mg/L $CaCO_3$
Moderadamente dura	= 61 a 120 mg/L $CaCO_3$
Dura	= 121 a 180 mg/L $CaCO_3$
Muy Dura	= > 180 mg/L $CaCO_3$

[3]Las coordenadas geográficas listan la latitud para el Hemisferio Norte (N) o Sur (S) y después la longitud para el Hemisferio Oriental (E) u Occidental (W). Por ejemplo:

Río Cahabon 1525N08936W

Las coordenadas geográficas para Guatemala que se muestran como 1525N08936W equivalen a 1525' al norte 8936' oeste y puede ser escrito como una latitud de 15 grados y 25 minutos norte y una longitud de 89 grados 36 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son suficientemente exactas para poder localizar lugares en un mapa del país a escala. Las coordenadas son aproximadas. Los números de las cuencas se muestran entre paréntesis, estaciones de medición de caudales en ríos se muestran con los números más oscuros. Las coordenadas geográficas para los ríos están generalmente tomadas en la desembocadura del río.

Nota:

$CaCO_3$	= carbonato de calcio
ft^3/s	= pies cúbicos por segundo
gal/min	= galones por minuto
km^2	= kilómetros cuadrados
L/min	= litros por minuto
m^3/s	= metros cúbicos por segundo
mg/L	= miligramos por litro
Mm^3	= millones de metros cúbicos
pH	= concentración de ion-hidrogeno
TSD	= total de sólidos disueltos

Tabla de Conversión:

Para Convertir	Multiplique por	Para Obtener
Metros cúbicos por segundo	15,800	Galones por minuto
Metros cúbicos por segundo	60,000	Litros por minuto
Metros cúbicos por segundo	35.31	Pies cúbicos por segundo

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas

Unidad de Mapa (Ver Fig. C-2)	Características del Acuífero	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
1 Agua dulce generalmente abundante	Aluvión Cuaternario no confinado consiste en arenas no consolidadas y grava interestratificada con sedimentos finos y arcilla. Principalmente localizada en planicies costeras, valles de los ríos y cuencas internas. El espesor del aluvión en el departamento de Escuintla (1410N09100W)[3] varia hasta 200 mts.	De muy pocas a grandes cantidades de agua subterránea están disponibles en las planicies costeras del Pacifico (1410N09115W), en algunos de los valles de ríos grandes, y en pocas cuencas a lo largo del país. Las cantidades disminuyen durante la época seca de Noviembre a Abril en todas partes del país, con excepción del norte donde la época seca es de Diciembre a Abril. Durante esta temporada, el nivel freatico baja de 1 a 3 mts. La producción de agua proveniente de 18 pozos perforados en el departamento de Escuintla (1410N091100W), en el aluvión de la costa del Pacifico varía de 10 a 50 L/s con una producción promedio de 20 L/s. Capacidades especificas oscilan entre 1 y 5 L/s/m. Localmente, la producción varía de 35 a 95 L/s con capacidades especificas de aproximadamente 2 L/s/m. La producción de 7 pozos perforados en el aluvión del altiplano (1430N09100W) (incluye los departamentos de Quezaltenango, Totonicapan, Solola, Chimaltenango, Sacatepequez y Guatemala) varía de 3 a 58 L/s con un promedio de 30 L/s. La producción oscila entre 5 y 25 L/s del aluvión de la parte de arriba de la cuenca del Río Motagua (1544N08814W). Capacidades especificas varían de 0.1 a 17 L/s/m. Transmisibilidad en el aluvión de la costa del Pacifico varía de 150 a 2,000 m^2/d y de 100 a 2,500 m^2/d en el Altiplano (1430N0900EW).	El agua dulce está disponible en los acuíferos aluviales. Los valores de TSD para los aluviones de la costa del Pacifico varían de 150 a 250 mg/L y el pH varía de 6 a 7. La calidad del agua en el aluvión del Altiplano (1430N09100W) es generalmente buena con valores de conductividad entre 200 y 400 micomhos/cm; aunque hay excepciones en las áreas contaminadas por aguas termales de origen volcánico donde los valores de conductividad varían de 1,500 a 2,000 micromhos/cm. El agua subterránea poco profunda está por lo general biológicamente contaminada en las zonas de asentamientos habitacionales. En la zona costera, los mantos de agua dulce se encuentran por encima de las capas de agua salobre o salina. Localmente, existen lentes de agua dulce en los acuíferos profundos. Es de esperarse una contaminación proveniente de pesticidas en zonas para la agricultura.	Accesibilidad, localización y perforación de pozos es fácil. La profundidad de los mantos acuíferos varía de 1 a 6 mts. Los niveles de bombeo están entre 10 y 30 mts. en la planicie costera del Pacifico (1410N09115W), 20 y 135 mts. en el altiplano (1430N09040W) y 20 a 100 mts. en la parte alta de la cuenca del Río Motagua (1544N08814W). Debido a que los mantos de agua salobre están justamente por debajo de los mantos de agua dulce en las planicies costeras, se debe de tener precaución cuando se bombea agua para prevenir la intrusión de agua salada. Es necesario instalar rejillas en los pozos debido a la naturaleza no consolidada del material.	En las planicies costeras del Pacifico, las lluvias recargan el acuífero con facilidad con un promedio de 200 cms/año y también a través de la recarga que ocurre al pie de las montañas volcánicas en el norte. Areas excelentes para pozos tácticos, de bombas sumergibles y pozos de bombas manuales. Sostiene los pozos municipales de irrigación y para suministro de agua municipal.

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas (Continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. C-2)	Características del Acuífero	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
2 Agua dulce localmente abundante	Cárstico y de piedra caliza cretácea fracturada. La disolución y el fracturamiento han mejorado enormemente la porosidad y la permeabilidad de la piedra caliza. Principalmente localizado en las tierras bajas del Petén (1650N09000W), en las tierras altas del Petén (1620N08925W), y en la Sierra de los Cuchumatanes (1535N09125W) y Sierra de Chama (1540N09030W).	De escasas a muy grandes cantidades de agua subterránea están disponibles de los acuíferos de piedra caliza. Las mayores cantidades de agua subterránea se encuentran en áreas donde existe más disolución y fracturamiento de la piedra caliza. Las cantidades se reducen en la época seca.	El agua dulce está disponible en acuíferos de piedra caliza. La dureza del agua aumenta de dura a muy dura en la época seca. El agua salobre se encuentra cuando el yeso esta interestratificado con la piedra caliza. El agua subterránea poco profunda está a menudo contaminada biológicamente en los lugares cercanos a asentamientos habitacionales.	El acceso es difícil en áreas densamente forestadas. Taludes muy inclinados en la parte central pueden afectar la localización. La perforación de pozos y su localización es difícil debido a la disolución de la piedra caliza cárstica y a la dureza de la roca. Las profundidades del agua varían de 3 mts. en las tierras bajas a 30 mts. en las montañas y colinas.	La mayoría de las áreas son adecuadas para pozos tácticos, pozos con bombas sumergibles pequeñas, y para pozos con bombas manuales. Las cantidades disminuyen en áreas que han sido deforestadas.
3 Agua dulce localmente abundante	Ceniza volcánica Terciaria y Cuaternaria, escoria, arena y flujos de lava del cinturón volcánico del Pacifico. Principalmente localizado en la parte sur de las tierras altas centrales (1515N09030W). El fracturamiento ha incrementado grandemente la porosidad y permeabilidad de los acuíferos. El agua subterránea se obtiene principalmente de los espacios vacíos, capas porosas y fracturas. El espesor de los materiales de flujos de cenizas depositados raramente excede los 10 metros. El espesor de esta capa de flujos de ceniza es muy variable debido a la diversidad en la topografía del terreno justamente debajo de esta capa, que puede alcanzar hasta 100	De muy pocas a muy grandes cantidades de agua subterránea están disponibles en los acuíferos volcánicos. Los pozos de 74 a 300 mts. de profundidad producen localmente entre 25 y 100 L/s de agua subterránea. **Depósitos Piroclásticos Cuaternarios.** Los pozos que exclusivamente se han perforado en depósitos piroclásticos en el altiplano (1430N09040W) producen entre 2 y 50 L/s a profundidades promedio de unos 180 mts. Capacidades especificas varían entre 0.02 y 4.4 L/s/m. Los pozos en el valle de Quezaltenango (1445N09140W) producen entre 20 y 50 L/s a profundidades medias de 150 mts. con una capacidad especifica de 1 a 4 L/s/m. Los pozos en el valle de Chimaltenango (1440N09055W) producen entre 5 y 20 L/s a profundidades medias de 160 mts. con capacidades especificas de 0.1 a 2 L/s/m. La transmisibilidad es altamente variable en los	El agua dulce se encuentra en acuíferos no consolidados. Localmente el agua subterránea puede tener altos contenidos de sulfatos y cloruros. La calidad del agua de los manantiales termales es salobre. **Depósitos Piroclásticos Cuaternarios.** La calidad del agua subterránea en los depósitos Cuaternarios Piroclasticos es por lo general dulce con unos valores de conductividad eléctrica que oscilan entre 200 y 400 micomhos/cm. **Depósitos de Lava Cuaternaria.** La calidad del agua subterránea en las lavas cuaternarias es por lo general dulce con valores de conductividad eléctrica menores a 500 micromhos/cm. Solamente en áreas locales hidrotermalmente activas, el agua es salina.	El acceso es difícil debido a las altas pendientes en los taludes de las montañas. La perforación es difícil en las rocas duras. La profundidad del agua varia de 10 a 150 mts. en acuíferos no consolidados y de 167 a 300 mts. en acuíferos consolidados. Los pozos se deben de entubar y rejillas deben de instalarse en estratos de ceniza volcánica. **Depósitos Piroclásticos Cuaternarios** . Los niveles de bombeo están entre 20 y 160 mts. en el altiplano (1430N09040W), entre 75 y 165 mts. en el valle de Chimaltenango (1440N09055W), y entre 1 y 120 mts. en la cuenca Del Río Oitua (1430N08942W).	La mayoría de las áreas son adecuadas para pozos tácticos, pozos con bombas sumergibles pequeñas y pozos con bombas manuales. Aproximadamente el 64% del suministro de agua para el área metropolitana de Guatemala (1438N09031W) proviene de aguas subterráneas.

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas (Continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. C-2)	Características del Acuífero	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
3 Agua dulce localmente abundante (continuación)	mts. por sección de depósitos. Los flujos de lavas cuaternarias se originaron de una cadena de más de 30 volcanes alineados en dirección este-oeste principalmente a lo largo de la orilla más baja de la Sierra Madre (1435N091100W). Estos flujos están formados por lavas basálticas, andesíticas y riolíticas, las cuales se depositaron en forma de arenas, cenizas y lahares que están interestratificados con materiales expulsados en erupciones volcánicas. El espesor varía de un máximo de 500 mts. en la base de los depósitos de escoria hasta unos 1,500 mts. cerca de las cimas. Debido a la alta permeabilidad de los flujos, el acuífero es fácilmente recargado, Las tufas terciarias y los depósitos de lava están intensamente fracturados debido al enfriamiento rápido y a la buena permeabilidad. Hidrológicamente esta es la unidad más importante en el altiplano volcánico (1430N09040W); es un acuifero altamente utilizado. También existen manantiales de agua caliente dispersos en toda esta región.	piroclásticos y oscila entre 50 y 750 m^2/d en el valle de Guatemala (1440N09030W) y entre 100 y 300 m^2/d en el valle de Quezaltenango (1445N09140W). **Depósitos de Lava Cuaternaria.** En general, los pozos perforados en los depósitos de lavas en distintas zonas del altiplano (1430N09040W) producen entre 10 y 45 L/s a profundidades de 150 mts. con capacidades especificas de 0.8 L/s/m. Los pozos perforados en la cuenca del Río Oitua (1430N08942W) entre Ipala (1437N08948W) y Suchitan (1425N08948W) producen entre 15 y 40 L/s a profundidades de hasta 150 mts. con capacidades especificas de 1 a 10 L/s/m. **Tufas y Lavas Terciarias.** Dentro de esta unidad, están los manantiales de alta productividad, como el Ojo de Agua (1421N09019W) en el valle de Guatemala (1440N09030W) el cual produce entre 250 y 500 L/s y proviene de lavas andesíticas fracturadas en contacto con materiales piroclásticos de baja permeabilidad. Los pozos perforados en el valle de Ipala (1437N08937W) producen de 12 a 30 L/s con capacidades especificas de 1 L/s/m. Los pozos perf orados en el valle de Guatemala (1440N09030W) producen de 0.4 a 1.8 L/s con capacidades especificas de 2.2 L/s/m en el sur hasta 28 L/s/m en el norte. En la zona metropolitana de la ciudad de Guatemala (1438N09031W), la Corporación Guatemalteca Municipal Publica de Abastecimiento de Agua (EMPAGUA) administra121 pozos de agua en el área metropolitana (Julio 1995). La Región Norte 1 tiene63 pozos con una capacidad	La calidad del agua potable en el área de la ciudad de Guatemala (1438N09031W) en 1997 se muestra a continuación para los siguientes pozos: **Pozo #1** Alameda Norte, 4/26/95, CI 2.47 mg/L, SO_4 113 mg/L, P total, 282 mg/L, Na total 2.59 mg/L, turbidez 24 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno después de 5 días 0.4 mg/L. Coliforme fecal <3 MPN/100 mL; **Pozo #2** Jardines de Minerva, 5/24/95, CI 24.7 mg/L, SO_4 8.2 mg/L, P total 282 mg/L, Na total 5.93 mg/L, turbidez 8 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno 21.5 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL. **Pozo #3** Hospital Roosevelt, 4/26/95, CI 1.98 mg/L, SO_4 256 mg/L, P total 0.636 mg/L, Na total 4.19 mg/L, turbidez 24 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno después de 5 días 1.3 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno 5.0 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL; **Pozo #4** Molino de las Flores, 5/24/95, CI 5.4 mg/L, SO_4 7.7 mg/L, P total 0.117 mg/L, Na total 1.24 mg/L, turbidez 4 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno después de 5 días 10.2 mg/ L, demanda bioquímica de oxigeno 15.3 mg/L, coliformes fecales <3MPN/100 mL;	**Depósitos de Lava Cuaternaria**. Los niveles de bombeo están entre 1 y 120 mts. en la cuenca del Río Oitua (1430N08942W). **Tufas Terciarias y Lavas.** La zona fracturada en la cual existe mayor circulación del agua subterránea se encuentra dentro de un área de 500 mts. Los pozos perforados en esta unidad en varias zonas del altiplano (1430N09040W) tienen profundidades por lo general de 150 mts. Los niveles de bombeo oscilan entre 35 y 90 mts. en el valle de Ipala (1437N08937W) y de 30 a 90 mts. en el valle de Guatemala (1440N09030W). En la zona metropolitana de la ciudad de Guatemala (1438N09031W), solamente un pozo administrado por EMPAGUA fue abandonado debido a la mala calidad del agua. Hasta 1993 nueve pozos habían sido abandonados debido a la presencia de finos y por fallas estructurales o de equipo.	

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas (Continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. C-2)	Características del Acuífero	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
3 Agua dulce localmente abundante (continuación)		total de extracción de 540 L/s, la producción oscila entre 1.26 y 25.23 L/s. La Región Norte 2 tiene cinco pozos con una capacidad total de extracción de 60 L/s. La producción oscila entre 1.89 y 18.93 L/s. La Región Central tiene 20 pozos con una capacidad total de extracción de 548 L/s. La producción oscila entre 6.31 y 63.08 L/s. La Región Este 1 tiene 15 pozos con una capacidad total de extracción de 360 L/s. La producción oscila entre 2.52 y 50.47 L/s. La Región Sur 1 tiene seis pozos con una capacidad total de extracción de 65 L/s. La producción oscila entre 6.31 y 17.03 L/s. La Región Sur 2 tiene un pozo con una capacidad de extracción de 18 L/s. La Región Sur 3 tiene 11 pozos con una capacidad de extracción de 1,142 L/s. La producción oscila entre 31.54 y 320.15 L/s. Los pozos de Ojo de Agua (1421N09019W) están también localizados en la región sur 3.	**Pozo #5** Ojo de Agua, 5/24/95, Cl 5.9 mg/L, SO_4 4.3 mg/L, total P 0.133 mg/L, total Na 1.40 mg/L, turbidez 0 mg/L, demanda bioquímica de oxigeno 21.5 mg/L, coliformes fecales <3 MPN/100 mL.		
4 Agua dulce localmente abundante	Rocas ígneas y metamórficas de la era Paleozoica tales como granito, basaltos, gneis, esquisto, serpentina y algunas otras rocas volcánicas. Principalmente localizadas en la parte central de las tierras alas centrales (1515N09030W) a lo largo de un cinturón de 20 a 60 kms de ancho el cual corre de este a oeste a través del país. Estas rocas son por lo general impermeables con poca porosidad. El agua subterránea proviene	Escasas a pequeñas cantidades de agua subterránea están disponibles en los acuíferos ígneos y metamórficos.	El agua de estos acuíferos es agua dulce. El agua subterránea poco profunda está por lo general biológicamente contaminada en las cercanías de los asentamientos poblacionales.	El acceso es difícil debido a las pendientes muy inclinadas en las montañas. La perforación es difícil en las rocas duras. La profundidad del agua varia de 3 a 150 mts. Los pozos deben de ser entubados cerca de la superficie.	Areas adecuadas para pozos con bombas manuales donde la profundidad del agua es <100 mts. Algunas áreas son adecuadas para pozos tácticos y de bombas sumergibles. El éxito en los pozos depende de encontrar fracturas en las cuales exista agua.

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas (Continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. C-2)	Características del Acuífero	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
4 Agua dulce localmente abundante (continuación)	principalmente de fracturas.				
5 Agua dulce localmente abundante	Los acuíferos sedimentarios terciarios y cretáceas están formados por piedras de arena o arenisca interestratificada con pizarra, conglomerados y piedras calizas. Principalmente localizados en las planicies, lomas y montañas, en la región central de Guatemala al sur y al norte del Petén (1650N09000W). El agua subterránea proviene principalmente de fisuras, lechos, juntas y porosidades. Debido a la muy baja permeabilidad esta unidad no se considera un acuífero regional.	De muy poca a grandes cantidades de agua subterránea están disponibles en los acuíferos sedimentarios. Pozos perforados cerca del Puerto de Livingston (1550N08845W) en la Bahía Amatique (1555N08845W) producen 6 L/s con una capacidad especifica de 0.08 L/s/m.	El agua dulce está disponible localmente. El agua subterránea puede ser salobre si proviene de lugares donde están presentes estratos de yeso. El agua subterránea poco profunda está por lo general contaminada biológicamente cerca de los asentamientos poblacionales.	El acceso es difícil en pendientes muy inclinadas. La profundidad del agua varía de 3 a 150 mts. Los pozos deben de ser entubados y se les deben instalar rejillas. Los pozos del puerto de Livingston (1550N08845W) están perforados a una profundidad de 150 mts. y tienen niveles estáticos de agua de 10 mts.	Algunas áreas son adecuadas para pozos tácticos y de bombas sumergibles pequeñas. La mayoría de las áreas son adecuadas para pozos con bombas manuales si la profundidad del agua es menor de 100 mts. El éxito en los pozos depende de encontrar fracturas en las cuales exista agua.
6 Agua dulce escasa o inexistente	Sedimentos cuaternarios no consolidados, principalmente arenas, localizados a lo largo de la costa del Pacifico (1410N09115W) y del Caribe (1515N08930W). El agua subterránea proviene de los espacios vacíos en los poros de los sedimentos no consolidados.	De muy pocas a grandes cantidades de agua no dulce están disponibles.	Agua salobre a salina está disponible en los acuíferos no consolidados, La intrusión de agua salada proveniente del agua del mar dentro de los sedimentos no consolidados contamina el agua subterránea. Masas de agua dulce llamadas lentes de agua flotan sobre el agua salina en muchos lugares.	El acceso puede ser difícil en áreas empantanadas o con densa vegetación en la costa. La localización y perforación de pozos se vuelve difícil debido a la presencia de agua salada justo debajo de los mantos de agua dulce en la zona costera. La profundidad del agua varía de 1 a 6 mts. Se debe de tener precaución para evitar la intrusión de agua salada. Instalación de rejillas en los pozos es necesaria debido a la naturaleza no consolidada del material.	Si se proveen sistemas de desalinización o purificación del agua a través de osmosis revertida, entonces estas áreas son adecuadas para pozos tácticos, pozos con pequeñas bombas sumergibles y pozos con bombas manuales. Si el bombeo en los mantos de agua dulce es mayor que el necesario, se pueden agotar los mantos de agua dulce y esto puede ocasionar la intrusión de agua salada.

Tabla C-2. Recursos de Agua Subterráneas (Continuación)

[1]Términos Cuantitativos:

Enormes	= > 100 L/s (1,600 gal/min)
Muy Grandes	= > 50 a 100 L/s (800 a 1,600 gal/min)
Grandes	= > 25 a 50 L/s (400 a 800 gal/min)
Moderadas	= > 10 a 25 L/s (160 a 400 gal/min)
Pequeñas	= > 4 a 10 L/s (64 a 160 gal/min)
Muy Pequeñas	= > 1 a 4 L/s (16 a 64 gal/min)
Escasas	= > 0.25 a 1 L/s (4 a 16 gal/min)
Inadecuada	= ? 0.25 L/s (4 gal/min)

[2]Términos Cualitativos:

Agua Dulce	= Máximo TSD ? 1,000 mg/L; Cloruros máximo ? 600 mg/L; sulfatos máximos ? 300 mg/L
Agua Salobre	= Máximo TSD > 1,000 mg/L pero ? 15,000 mg/L
Agua Salina	= TSD > 15,000 mg/L

Términos de Dureza:

Suave	= 0 a 60 mg/L $CaCO_3$
Moderadamente dura	= 61 a 120 mg/L $CaCO_3$
Dura	= 121 a 180 mg/L $CaCO_3$
Muy Dura	= > 180 mg/L $CaCO_3$

Las coordenadas geográficas listan la latitud para el Hemisferio Norte (N) o Sur (S) y después la longitud para el Hemisferio Oriental (E) u Occidental (W). Por ejemplo:

Departamento de Escuintla 1410N09100W

Las coordenadas geográficas para el departamento de Escuintla que se muestran como 1410N09100W equivalen a 1410' al norte 9100' oeste y puede ser escrito como una latitud de 14 grados y 10 minutos norte y una longitud de 91 grados 0 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son suficientemente exactas para poder localizar lugares en un mapa del país a escala. Las coordenadas geográficas son aproximadas. Las coordenadas geográficas para los ríos están generalmente tomadas en la desembocadura del río.

Nota:

$CaCO_3$	= carbonato de calcio
Cl	= cloruro
cm/yr	= centímetros por año
gal/min	= galones por minuto
L/min	= litros por minuto
L/s	= litros por segundo
L/s/m	= litros por segundo por metro
m^2/d	= metros cuadrados por día
mts	= metros

Tabla de Conversión:

Para Convertir	Multiplique por	Para Obtener
Litros por segundo	15,84	Galones por minuto
Litros por segundo	60	Litros por minuto
Litros por segundo	950	Galones por hora
Galones por minuto	0.063	Litros por segundo
Galones por minuto	3.78	Litros por minuto