Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador

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

SEPTIEMBRE 1998

Prefacio

En 1995 la oficina de Ingenieros del Comando sur de los Estados Unidos comisionó al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos del Distrito de Mobile, Alabama y al Centro Topográfico de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en Alexandria, Virginia para llevar a cabo una evaluación del los recursos de agua del Ecuador. Esta evaluación tiene dos objetivos. Uno de los objetivos es el de proveer un análisis de los recursos de agua existentes en Ecuador e identificar algunas oportunidades disponibles para el Gobierno del Ecuador para maximizar la utilización de estos recursos. El otro objetivo es proporcionar al Ecuador y a los planificadores militares Estadounidenses de información precisa para la planificación de varios ejercicios de entrenamiento militar en conjunto con ejercicios de ingeniería de asistencia cívica humanitaria tales como las series de “Nuevos Horizontes” (New Horizons).

Este reporte compara información de diversas fuentes, que permiten al lector tener una mejor comprensión de la situación actual de los abundantes recursos de agua del Ecuador. Esta evaluación general permitirá al gobierno del Ecuador hacer un análisis más detallado del uso de los recursos de agua, para que así pueda continuar el desarrollo de un plan completo de la administración de los recursos de agua.

Los tópicos cubiertos en esta evaluación son los siguientes:

- Los tópicos Introducción y Perfil del País explican la misión del grupo de evaluación y proveen de información básica sobre el Ecuador y una lista de agencias contactadas;
- El tópico Uso Actual de los Recursos de Agua analiza la utilización de los recursos de agua por varios sectores del país. Se incluye en esta sección el análisis sobre el abastecimiento y calidad del agua, hidroenergía, transporte en vías navegables, control de inundaciones y marco legislativo;
- El tópico de Recursos de Agua Existentes contiene un análisis de la disponibilidad general de recursos de agua superficial y subterránea en Ecuador. Esta sección está diseñada para ser usada con los mapas de recursos de agua superficial y subterránea en el Apéndice A;
- El tópico de Recomendaciones presenta sugerencias para entrenamiento básico de ingeniería técnica y protección para las cuencas.

Un grupo compuesto por especialistas en recursos del agua del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos del Distrito de Mobile y del Centro de Ingeniería Topográfica del Ejército de los Estados Unidos realizaron las investigaciones de los recursos de agua durante dos semanas en Enero de 1997 y subsecuentemente prepararon el reporte, ellos son:

James O. Buckalew
Ingeniero en Recursos de Agua
Teléfono: 334-694-3863
Facsimile: 334-690-2727
Internet:
james.o.buckalew@sam.usace.army.mil

Maurice James
Especialista en Diseño Hidrológico e Hidráulico
Teléfono: 334-690-3109
Facsímile: 334-690-3208
Internet:
maurice.james@sam.usace.army.mil

Lisa Scott, Hidrólogo
Teléfono: 703-428-6895
Facsimile: 703-428-8176
Internet:
laura.c.dwyer@tec02.usace.army.mil

Paul Reed, Hidrólogo
Teléfono: 703-428-7206
Facsímile: 703-428-8176
Internet:
paul.e.reed@tec02.usace.army.mil

Los siguientes individuos de los sectores público y privado fueron consultados y brindaron apoyo y cooperación excepcional.

Oficiales Consultados

Nombre	Organización (sigla)	Traducción al Inglés
Dr. Eugenio Bayancela Ing. Fernando Solis Ms. Kim Johnston	Cooperative for American Relief to Everywhere (CARE)	
Mr. Ken Farr Mr. Tom Geiger Mr. Fausto Maldonado Ms. María Augusta Fernández Mr. Jaime Paredes	U.S. Agency for International Development (USAID)	
Ing. Gustavo Gómez Dr. Ing. Remigio Galarraga Ing. Aníbal Vega	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Ministerio de Energía y Minas) (INAMHI)	National Institute of Meteorology and Hydrology
Ing. Eric Cadier	Institute Francais de Recherche Scientifique Pour le Developpement en Cooperation (ORSTOM)*	French Scientific Research Institute for Cooperative Development
Ing. Othon Zevallos	Comisión Asesora Ambiental (CAA)	Environmental Advisement Commission
Mr. Tomas Muñoz Martín	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Interamerican Development Bank
Ing. Luis Carrera	Ambiente y Desarrollo Sostenible (AMDESCO)	Environmentally Sustainable Development
Ing. Diego González Ing. Jorge Pérez	Subsecretaria de Saneamiento Ambiental (SSA)	Under Secretary for Sanitation and Environment
Ing. Patricio Vega Dávila Ing. Iván Calero Hidalgo Ing. Patricio Vivero Silva	Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	National Council of Hydrologic Resources
Ing. Homero Castanier Ing. Rebecca Cabezas Ing. Marcelo Encalada	Proyecto de Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (FASBASE)	Enforcement and Expansion Project for Basic Health Services in Ecuador
Ing. Eduardo P. Aguilera Ing. Jorge A. Jaime O. Dr. Carlos Arguello L. Dr. Ing. Washington R. Sandoval	Escuela Politécnica del Ejército (ESPE)	Ecuadorean Army Polytechnic Institute
Ing. Jorge Villavicencio R., Coronel Técnico Carlos Ernesto Cobos M., General de Brigada	Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada Ecuatoriana (CEE)	Ecuadorean Army Corps of Engineers

*Sigla de origen desconocido.

Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador

Contenido

Contenido (Continuación)

Figuras

Tablas

Apéndice

Lista de Siglas y Abreviaturas

Siglas

CARE	Cooperativa para la Ayuda Americana a Todas Partes (Cooperative for American Relief to Everywhere)
CNRH	Consejo Nacional de Recursos Hídrologicos (National Council of Hydrologic Resources)
ETAPA	Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado
FASBASE	Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (Enforcement and Expansion for Basic Health Services)
GIS	Sistema Geográfico de Información (Geographic Information System)
HEC	Centro de Ingeniería Hidrologica (Hydrologic Engineering Center)
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (National Institute of Meteorology and Hydrology)
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación (National Electric Company)
INERHI	Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos
PAHO	Organización de la Salud Panamericana (Pan American Health Organization)
SSA	Subsecretaría de Saneamiento Ambiental *en el* Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos U.S. Army Corps of Engineers (llamado en el texto *Cuerpo*)
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (U.S. Agency for International Development)
USSOUTHCOM	Comado Sur de los Estados Unidos (United States Southern Command)

Abreviaturas

Ca	calcio
$CaCO_3$	carbonato de calcio
Cl^-	cloruro
CN	carbón-nitrógeno
Fe	hierro
gal/min	galones por minuto
km^2	kilómetros cuadrados
L/min	litros por minuto
m^3/s	metros cúbicos por segundo
Mg	magnesio
mg/L	miligramos por litro
mm	milímetros
Mm^3	millones de metros cúbicos
MW	megawatts
NaCl	nitrógeno-cloruro
pH	potencial de hidrógeno
SO_4	sulfato
SSC	concentraciónes de sedimentos en suspención
TSD	total de sólidos disueltos (la suma de todos los sólidos disueltos en agua o aguas servidas)

Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador

I. Introducción

Esta evaluación es un documento de consulta que intenta apoyar la inversión actual y futura en los recursos de agua del Ecuador. Dentro de esta evaluación se contempla la descripción de las principales fuentes de agua existentes en el país, se identifican necesidades y oportunidades especiales de los recursos de agua, se documentan actividades actuales y en planificación de desarrollo de recursos de agua y se sugieren alcances prácticos para el desarrollo a corto y largo plazo de los recursos de agua.

La responsabilidad de vigilar los recursos de agua del Ecuador es compartida por varias agencias de gobierno e instituciones. El grupo de evaluación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos se reunió y consultó con las organizaciones de mayor influencia en definir prioridades y determinar las metas para el uso de los recursos de agua del Ecuador. A continuación presentamos la lista de éstas organizaciones y sus principales áreas de responsabilidad.

Agencia	Área de Responsabilidad
Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)	INECEL, la compañía de electricidad nacional, realiza evaluaciones de los recursos de agua para el desarrollo de hidroenergía. INECEL mantiene una red de sistemas de medición hidrológica y meteorológica en la mayoría de las cuencas de Los Andes.
Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del río Guayas (CEDEGE)	CEDEGE es un comité regional establecido para estudiar la cuenca de Guayas. Esta cuenca es considerada muy importante en términos de necesidades de recursos de agua. La cuenca tiene grandes problemas con el abastecimiento de agua para la producción agrícola e industrial. También tiene problemas de inundación en los valles bajos y problemas de sequía en las áreas costeras. Un estudio actual está considerando la factibilidad de transferir agua a las áreas costeras secas cerca de Guayaquil. La cuenca de Guayas tiene un proyecto multipropósito, la represa de Daule-Peripa. La represa provee hidroenergía, agua de irrigación y abastecimiento de agua. Tiene una capacidad de 35-megawatt, es de 60 a 80 metros de alto y contiene alrededor de 60 millones de metros cúbicos de agua.
Centro de Rehabilitación de Manabi (CRM)	CRM es una agencia de desarrollo para la provincia de Manabi. Tiene dos proyectos con represas: Poza Honda en el río Portoviejo y La Esperanza en el río Chone. Estas represas fueron construidas desde 1984 a 1985 para abastecimiento de agua e irrigación. Estas represas no tienen plantas de hidroenergía.
Programa de Desarrollo Regional del Sur del Ecuador (PREDESUR)	PREDESUR administra las cuencas adyacentes al Perú en la parte sur del país, en las provincias de Loja, Zamora y El Oro.
TAHUIN	TAHUIN administra una pequeña represa multi-propósito en tierra en el área costera de El Oro.

Agencia	Área de Responsabilidad
Centro de Recuperación Económica del Azuay (CREA)	CREA es el centro para el desarrollo económico en la provincia de Azuay. Su jurisdicción también incluye Canar y Morona-Santiago.
Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA)	ETAPA es responsable por la administración de los recursos de agua y ambientales en la provincia de Canton y en la ciudad de Cuenca.
Subsecretaría de Saneamiento Ambiental en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (SSA)	SSA apoya el desarrollo del abastecimiento de agua y sanitización para municipalidades. En áreas rurales, el SSA implementa sistemas de tratamiento de aguas servidas y pequeños sistemas de abastecimiento de agua. El gobierno central financia el 70 por ciento del desarrollo de las dependencias rurales. Las comunidades comparten el costo del 30 por ciento restante. Las comunidades a menudo proveen su apoyo brindando servicios de la misma clase, tales como servicios no técnicos. Esto es similar a un programa establecido por USAID a mediados de la década de los ochenta. Actualmente, SSA tiene un programa piloto para fortalecer los servicios básicos, el cual es financiado por el Banco Mundial. El mantenimiento para estos sistemas serán financiados por “el impuesto al agua.” Alrededor de 1,500 comunidades han sido identificadas que necesitan de este programa.
Pan American Health Organization (PAHO)	PAHO está involucrada en cinco proyectos demostrativos que principalmente se dedican a la consultoría tecnológica. Está buscando tecnología en sistemas de abastecimiento de agua de bajo costo. PAHO no financia investigaciones de fuentes, pero si financia planificación y diseño. PAHO también provee materiales para la educación a través de su centro CEPIS en Lima, Perú.
Agencia de los EEUU para el Desarrollo Internacional (USAID)	La actividad de USAID en el desarrollo de recursos de agua fue sustancialmente reducida a mediados de la década de los 90 debido a recortes de fondos. Esto es básicamente debido a reducciones de financiamiento. Justo antes de 1995, USAID descontinuó su programa de desarrollo de agua rural y no anticipa el desarrollo de un programa en el futuro cercano. USAID no desarrolla sistemas de irrigación.
Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (FASBASE)	FASBASE es una organización independiente que funciona bajo el Ministerio de Salud Pública con la misión básica de desarrollar el abastecimiento de agua y proyectos sanitarios en comunidades. Esto incluye entrenamiento en operación y mantenimiento. La agencia es socia con SSA, CRM y la Oficina Provincial de Salud Pública en Guayas. FASBASE usa oficiales no gubernamentales locales bajo contrato y comparte el costo con las comunidades. Generalmente, la agencia es exitosa en el desarrollo de algún tipo de sistema de abastecimiento de agua, pero a menudo necesita transportar el agua de 10 a 20 kilómetros para entregarla a las comunidades.

Agencia	Área de Responsabilidad
Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	CNRH es la agencia responsable de permitir el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua en el Ecuador. El CNRH regula y coordina solicitudes de desarrollo de proyectos de abastecimiento de agua doméstica, agrícola e industrial. La agencia es relativamente nueva y ha heredado las bases de datos hidrológicos y de calidad de agua de INERHI, la agencia previa. A mediados de la década de los 90, el gobierno del Ecuador eliminó INERHI y creó CNRH. Debido al limitado financiamiento, CNRH ha sido incapaz de implementar completamente un programa hasta la fecha.

II. Perfil del País

A. Geografía

Ecuador está situado en la parte noroeste del continente Sud Americano. Limita al norte con Colombia, al este y al sur con Perú y con el Océano Pacífico al oeste. La superficie total del país incluyendo las Islas Galápagos es de 272,456 kilómetros cuadrados. La Cordillera de Los Andes divide naturalmente el territorio continental del Ecuador en tres regiones geográficas: La Costa (planicie costera), la Sierra (Cordillera de Los Andes) y el Oriente (cuenca Amazónica). La cuarta región es Islas Galápagos. Vea las figuras 1 y 2 para información geográfica general.

Figura 1. Mapa Vecinal

La Costa

La región de la Costa es el cinturón entre el Océano Pacífico y la parte oeste de la Cordillera de Los Andes (se extiende hasta alrededor de los 2,000 metros por sobre el nivel del mar). Con 180 kilómetros, la región es más ancha cerca de la península de Santa Helena y más angosta con 30 kilómetros a lo largo del límite oeste de la provincia de Azuay. Cerca de los extremos norte y sur de la región, el altiplano de la Sierra se acerca a la costa. La Costa incluye alrededor del 26 por ciento del Ecuador.

La costa del Pacífico, de la región de la Costa, tiene un largo de 850 kilómetros con un rango de marea de 2 a 3 metros entre marea baja y alta. Esta extensión es considerada moderada cuando se le compara a otras regiones costeras del Pacífico en el continente Sud Americano.

Los ríos y los arroyos que drenan la Costa se originan en los faldeos al oeste de la Sierra y se vacían en el Océano Pacífico. Muchos arroyos, particularmente en la cuenca del río Guayas, han formado abanicos aluviales compuestos de tierra suelta arrastrada desde las laderas de la Cordillera de Los Andes. Los sistemas principales de drenaje son el río Guayas en el sur y el río Esmeraldas en el norte. En el norte, el sistema del río Cayapas drena el bosque tropical.

Ambos ríos del norte son navegables en sus cursos bajos por embarcaciones livianas y pequeñas. El sistema del río Guayas es el más grande y de mayor importancia de los ríos de la región. Desde su desembocadura hasta la ciudad de Guayaquil, el río Guayas es minoritariamente un río natural y mayoritariamente una desarrollada vía comercial navegable. Arriba de Guayaquil, se divide en el río Daule, el río Babahoyo y una multitud de tributarios. Estos arroyos enriquecen la cuenca de Guayas con tierras que son arrastradas desde la Sierra, haciendo de la cuenca del río Guayas la zona agrícola más fértil del Ecuador.[1]

Guayaquil, en el río Guayas cerca del Golfo de Guayaquil, es la ciudad más grande del Ecuador. También es el puerto más grande en la costa Pacífica oeste de América del sur.

La Sierra

La región de la Sierra incluye alrededor del 34 por ciento del Ecuador. Sus principales características son dos cadenas paralelas de los Andes. La cadena oeste, la Cordillera Occidental, se extiende aproximadamente de norte a sur a lo largo de todo el país. La cadena este, la Cordillera Central, está generalmente de 40 a 60 kilómetros al este de la Cordillera Occidental. Entre las dos cadenas existen una serie de valles altos que descienden en elevación de norte a sur y que alcanzan de 2,000 a 3,000 metros. La mayoría de la población vive en estos valles. Dentro de estos altos valles interandinos, excepto por las áreas urbanas, la agricultura es la principal industria. Quito, la capital de Ecuador está en la Sierra norte en la provincia Pichincha. En el extremo sur de la Sierra, los valles se abren a la Costa y la región Oriente. Al este de la Cordillera Central comienza el declive hacia la cuenca del Amazonas.

El Oriente

La región del Oriente, la que se ubica más al este, comprende alrededor del 38 por ciento del Ecuador y consiste principalmente de una alternada extensión plana y de lomas suaves de bosque tropical. La población consiste principalmente de gente aborigen. Desde que el petróleo fue descubierto en la región norte durante la década de los 60, está región se ha convertido en una real importancia económica. El descubrimiento de petróleo llevó a la construcción de caminos y ductos para la entrega de petróleo, junto con las dependencias para procesar el petróleo crudo. Los ríos y los arroyos que se originan en las laderas del este de la Sierra son parte de la cuenca del río Amazonas.

Las Islas Galápagos

La región de Islas Galápagos, la cuarta y más pequeña, compromete alrededor del 4 por ciento del Ecuador y se encuentra a 1,050 kilómetros al oeste del continente. Consiste en las Islas Galápagos que comprende el archipiélago de Colón. El grupo de islas se extiende alrededor de 400 kilómetros de este a oeste y tiene una totalidad de área territorial de alrededor de 8,060 kilómetros cuadrados. Solamente cinco de varios cientos de isletas y arrecifes tienen población permanente, y más de la mitad de la gente vive en la Isla de San Cristóbal. La precipitación es moderada por corrientes oceánicas, pero suficientes cantidades son recibidas arriba de los 300 metros de altitud, lo que permite la vida de arboles y de algunos cultivos.

Figura 2. Mapa del País

B. Distribución de la Población

La población total del Ecuador al tiempo del censo de 1990 era de 9,577,568 habitantes. En 1996 se proyectó que la tasa anual de crecimiento del 1.96 por ciento causaría que la población total estimada a 1996 fuera de alrededor de 11,500,000. La población está dividida entre las regiones de la Costa (50 por ciento) y la Sierra (47 por ciento) con la mayoría del 3 por ciento restante en la escasamente poblada región del Oriente. Basado en el censo de 1990, la población de las provincias y sus capitales (sólo sí están disponibles), está listada en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de la Población

Provincia	Capital	Población de la Provincia	Población de la Capital	Area (km^2)
Azúa	Cuenca	506,090	194,981	8,639
Bolívar	Guaranga	155,088	–	3,254
Canear	Azogues	189,347	–	3,516
Carchi	Tulcan	141,482	–	3,699
Chimborazo	Riobamba	364,682	94,505	5,637
Cotopaxi	Latacunga	276,324	–	5,287
El Oro	Machala	412,572	144,197	5,988
Esmeraldas	Esmeraldas	306,628	98,558	15,216
Archipiélago de Colon (Galápagos)	Puerto Baquerizo Moreno	9,785	–	8,060
Guayas	Guayaquil	2,515,146	1,508,444	20,902
Imbabura	Ibarra	265,499	–	4,986
Loja	Loja	384,698	94,305	10,793
Los Ríos	Babahoyo	527,559	–	6,254
Manabi	Portoviejo	1,031,927	132,937	18,400
Morona-Santiago	Macas	84,216	–	29,140
Napo	Tena	103,387	–	35,280
Pastaza	Puyo	41,811	–	29,520
Pichincha	Quito	1,756,228	1,100,847	16,599
Sucumbios	Nueva Loja	76,952	–	18,150
Tungurahua	Ambato	361,980	124,166	2,896
Zamora-Chinchipe	Zamora	66,167	–	20,240
Total		9,577,568		272,456

Nota: El guión indica que la información no está disponible.

C. Economía

Ecuador tiene ricas áreas agrícolas y substanciales recursos petroleros. Las áreas costeras y los altiplanos centrales son las principales regiones para la agricultura, mientras que las tierras bajas del Amazonas contienen la mayoría de los recursos de petróleo del país. En 1993 el sector agrícola de la economía –cultivos, ganado, silvicultura y pesca—empleó casi al 31 por ciento de la fuerza laboral y produjo el 43 por ciento de las exportaciones del país. Los principales productos de exportación fueron petróleo (39 por ciento), bananas (17 por ciento), camarones (16 por ciento), café (6 por ciento) y cocoa (3 por ciento). La mayor parte del

Producto Nacional Bruto es producido por la industria de servicios (48 por ciento), seguido por las industrias de manufactura (39 por ciento) y la agricultura (13 por ciento).

III. Uso Actual del los Recursos de Agua

A. Abastecimiento del Agua

El abastecimiento del agua en Ecuador es un problema muy serio, aunque el país tenga un promedio de precipitación anual de 1,200 milímetros. La desigual distribución de precipitación y de población son las principales razones de los problemas de abastecimiento de agua del país. Algunas áreas reciben sólo 250 milímetros de precipitación anual, mientras que otras reciben tanto como 6,000 milímetros por año. Algunas regiones no cuentan con precipitaciones por meses. La mayoría de la población ocupa las regiones montañosas y la cuenca de Guayas en las tierras costeras bajas del Pacífico. En contraste, el 80 por ciento del abastecimiento de agua disponible en el país es en la escasamente poblada área de la cuenca del Amazonas. Solamente el 10 por ciento del total de agua disponible en el país es utilizada, y de esta, 97 por ciento es utilizada para irrigación y 3 por ciento para propósitos domésticos e industriales.[2] El porcentaje de utilización de agua industrial/comercial es desconocido.

El Consejo Nacional de Recursos Hidrológicos (CNRH) es la agencia responsable de permitir el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua en Ecuador. El CNRH regula y coordina las solicitudes para el desarrollo de proyectos para el abastecimiento de agua doméstica, agrícola e industrial. La agencia es relativamente nueva y ha heredado las bases de datos hidrológicos y de calidad de agua del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), la agencia previamente responsable por el desarrollo de los proyectos de agua. A mediados de la década de los 90, el gobierno de Ecuador eliminó INERHI y creo CNRH. El CNRH está desarrollando un plan maestro para la utilización de recursos de agua, pero su programa no está completamente en funcionamiento. Se anticipa que una vez que este programa esté completo, la CNRH será la fuente principal de información de recursos de agua. Actualmente, el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua doméstica se lleva a cabo por muchas diferentes agencias con muy poca coordinación. Sin embargo, la necesidad de agua potable adecuada es de tal magnitud que existen suficientes oportunidades de desarrollo para todas las agencias. El factor limitante es la falta de recursos financieros.

1. Usos Domésticos y Necesidades

Menos del 3 por ciento del agua utilizada en Ecuador es para uso doméstico. La mayoría del agua utilizada para propósitos domésticos proviene de fuentes superficiales. En áreas rurales existe una gran necesidad de sistemas de abastecimiento de agua doméstica, especialmente a lo largo de la costa y dentro de las áreas abatidas por sequías tales como las provincias de Loja, Manabi y El Oro. Sin embargo, la mayoría de las grandes áreas metropolitanas tienen buenos sistemas de abastecimiento de agua. El ministerio de Desarrollo Urbano y Habitacional, que previamente llevó a cabo el desarrollo de sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua para municipalidades, está actualmente transfiriendo esta responsabilidad a las municipalidades locales.

El sistema de abastecimiento de agua de Quito es un complejo sistema conectado de represas, pozos y tuberías. Quito tiene su propio departamento de administración de agua. Parte del abastecimiento de agua para Quito es transportado vía tuberías aproximadamente 60 kilómetros desde una represa en el río Papallacta en el lado este (Amazonas) de las montañas. La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), la Cooperative for American Relief to Everywhere (CARE), y el gobierno de Ecuador están patrocinando un proyecto para desarrollar un plan de administración de cuencas para el abastecimiento de agua en Quito.

En Cuenca, la compañía de servicios local Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) administra y desarrolla el abastecimiento de agua para la ciudad y las áreas rurales y urbanas de los alrededores. ETAPA también tiene un laboratorio de investigación de calidad del agua en la universidad de Cuenca. Actualmente, ETAPA está inventariando todos los arroyos en el área para determinar los caudales mínimos. La competencia por el uso del agua es muy alta. La cuenca más alta del río Machangara tiene dos represas, la Lallrago y la Chanlud. Cuenca tiene dos plantas de tratamiento de aguas negras. Alrededor de 200 plantas pequeñas privadas de tratamiento de agua están también en su región metropolitana.

Existe una gran necesidad para desarrollar sistemas de abastecimiento de agua a través del Ecuador. Muchos sistemas de pozos existentes necesitan ser reparados y/o reconstruidos. Representantes de FASBASE manifestaron que sólo el 50 por ciento de más de 900 sistemas de abastecimiento pequeños, aparecen en el reporte de la Organización Panamericana de Salud (PAHO) "Análisis Sectorial", funcionan continuamente.[3] También, en 1995 un terremoto destruyó la mayoría de los sistemas de pozos dentro de la provincia de Cotopaxi. Las organizaciones USAID y CARE previamente han financiado la perforación de pozos dentro de Cotopaxi. Un programa CARE, el Programa de Manejo de Recobras Costeras ha sido designado para ayudar a salvar los manglares. Como parte de este programa, CARE está trabajando con la Subsecretaria de Saneamiento Ambiental en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (SSA) y PAHO para ayudar a las comunidades locales en el desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua en las áreas costeras. También están trabajando con la universidad de Cuenca para desarrollar un sistema de filtración de arena para pequeños proyectos de abastecimiento de agua. A lo largo del país, el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito Ecuatoriano ha comprado un nuevo taladro para apoyar el desarrollo de sistemas de pozos de agua para el público. Sin embargo, aún existe una necesidad crítica de abastecimiento de agua. La conferencia de PAHO llevada a cabo en 1997 en Quito desarrolló un plan para alcanzar el 100 por ciento de cobertura de abastecimiento de agua en áreas rurales para el año 2005. El costo será parcialmente financiado por medio de una donación de España. El costo estimado para el programa es de $400 millones, el financiamiento adicional está siendo buscado a través de otras agencias tales como el Banco Internacional de Desarrollo y el Banco Mundial.

Las provincias de Loja, El Oro y Manabi están experimentando una severa sequía. Los expertos entrevistados atribuyen la sequía a cambios climáticos que están ocurriendo en la región oeste a los 80 grados de longitud. Está región ya es semiárida, acentuándose mas y por lo que se dice bajo proceso de desertificación.[4] Antes de la sequía, el nivel del agua en el acuífero estaba de 15 a 20 metros de profundidad, pero ahora está a profundidades de 80 a 100 metros. Muchos pozos ya no proveen agua y es muy caro el perforar pozos de grandes profundidades en comunidades pequeñas. El gobierno del Ecuador ha declarado la sequía en la provincia de Loja como un desastre nacional. Los ríos principales de la provincia de Loja son considerados perennes y las comunidades ubicadas lejos de los arroyos tienen serios problemas de abastecimiento de agua. Estas comunidades remotas dependen de los arroyos pequeños y pozos de poca profundidad que casi se han secado desde que la sequía comenzó. En la provincia de Manabi, el agua debe ser acarreada en camión a un costo muy alto. Además de la carencia de agua debido a la sequía, se presentan problemas de calidad del agua subterránea debido al exceso de hierro presente naturalmente en el agua subterránea, el cual tapa las rejillas de los pozos y reduce seriamente la producción de estos.[5]

Las tierras altas han experimentado un masivo flujo de gente desde las áreas azotadas por la sequía en la parte sur del Ecuador. El flujo de gente y las asociadas prácticas pobres de agricultura han incrementado la demanda de agua para usos domésticos y agrícolas. La capa de tierra fértil en estas áreas es delgada y fácilmente desmejorada por las prácticas agrícolas de los nuevos habitantes. Estas prácticas provocan una pérdida de la vegetación natural y un incremento de la erosión, por lo tanto, reducen la cantidad de precipitación disponible para la recarga de los acuíferos. La mayoría de la deforestación del Ecuador, la cual se estima en 200 a 300 hectáreas por año, ocurre en estas áreas altiplánicas. El incremento de la densidad poblacional en estas áreas continuará disminuyendo y amenazando la vegetación natural restante, de la cual sólo el 3 por ciento aún está presente. Para proteger lo que resta del bosque tropical original, CARE está administrando un proyecto para desarrollar técnicas de administración ecológica de terrenos para la región Andina alta en las áreas de las cuencas intermedias. El propósito del proyecto es desarrollar un abastecimiento de agua ecológico compatible para la población existente de la región que desalentará futuras migraciones a estas áreas.[6]

La necesidad de sistemas de tratamiento de aguas servidas es también una importante preocupación en Ecuador. Sin embargo, este asunto debe tomar una prioridad mas baja en relación al desarrollo de fuentes de abastecimiento de agua. USAID tiene un programa actualmente desarrollándose para construir sistemas de tratamiento de aguas servidas para comunidades pequeñas. Actualmente el ejército tiene un contrato con una firma Francesa para proveer apoyo de ingeniería hidrológica e hidráulica para el desarrollo de estos sistemas de tratamiento.

2. Usos Industriales/Comerciales y Necesidades

La industria del petróleo está asentando nuevos establecimientos dentro de la vecindad de Santo Domingo, transformándola en el área de mayor crecimiento del país. Esta área es muy rica en recursos agrícolas y tiene un abundante abastecimiento de agua, pero la contaminación está en aumento. Información acerca de los usos industriales y las necesidades es muy limitada. Tres por ciento de la utilización del agua en el país es para propósitos industriales y domésticos.

3. Usos Agrícolas y Necesidades

La irrigación es responsable por el 97 por ciento del agua utilizada en Ecuador. La demanda por agua de irrigación es alta y aumenta anualmente, especialmente en la región de los Andes y en las áridas planicies costeras. La producción agrícola en los Andes es mayoritariamente de uso interno y la producción a lo largo de la costa es generalmente para exportación. Pérdidas importantes de tierra superficial ocurren alrededor del país debido a la deforestación, sobre utilización y pobres prácticas de cultivos. Estas pérdidas son muy significativas en la región de los Andes.

Información sobre la utilización de agua subterránea para la agricultura en el país es muy limitada. La mayoría de los sistemas de irrigación utilizan agua superficial. Prácticas de cultivos e irrigación han reducido o removido la vegetación y erosionado valiosa tierra de cultivo. Sedimentos provenientes de la erosión de las tierras de cultivo han causado problemas en arroyos y represas. Incrementos en las cargas de sedimentos en los arroyos han inducido cambios en la topografía. De acuerdo a oficiales de CNRH, las actuales prácticas han causado que las tierras en la área de Imbabura se vuelvan duras y compactas.

Alrededor del 10 por ciento del país es considerado desierto, pero esto parece que está aumentando debido a los cambios climáticos. Los expertos entrevistados durante las visitas de campo indicaron que sus estudios demuestran que el promedio anual de precipitaciones está disminuyendo de 2 a 18 milímetros por año en muchos lugares. Hace más de 100 años, la costa oeste de la provincia de Guayas producía importantes productos agrícolas. Ahora es muy árido y la agricultura requiere de irrigación a un alto costo. Estudios realizados por CNRH sugieren que los cambios climáticos están transformando algunas provincias, tales como Manabi, Loja y El Oro, en desiertos.[7]

Varios oficiales Ecuatorianos notaron la necesidad de apoyo técnico y entrenamiento para el desarrollo de sistemas de irrigación más eficientes. Veinte por ciento de los productos agrícolas usan sistemas de irrigación que son muy ineficientes. Muchos carecen de sistemas de ingreso y distribución que permiten el control, y la mayoría de los sistemas son sistemas de canales abiertos, con pérdida de hasta el 90 por ciento del agua. Los costos anteriores de desarrollo llegan a un total de $300 a $1,200 por hectárea para sistemas de irrigación y de control de inundaciones. Sin embargo, a lo largo de la costa oeste de la provincia de Guayas los costos de irrigación ascienden actualmente a mas de $100,000 por hectárea. Las mejores áreas para el desarrollo de sistemas de irrigación son en los valles de los Andes utilizando pequeñas represas.

CARE está desarrollando métodos para mejorar los sistemas de irrigación, utilizando cubierta vegetal y agricultura orgánica para hacer las actuales tierras cultivables más productivas y operacionales alrededor de todo el año. El objetivo es concentrarse en la preservación y administración de los pequeños sistemas de irrigación en el altiplano. Estos esfuerzos intentan reducir la necesidad de cultivar nuevas tierras.

Más del 80 por ciento de los camarones y el 90 por ciento de las bananas producidas en Ecuador provienen de las áreas delta alrededor de la Bahía de Guayaquil. La industria de la maricultura del camarón del Ecuador es la segunda más grande del mundo. El desarrollo de esta industria, aunque beneficiosa económicamente, ha sido asociada con la decadencia de los bosques de mangles. Algunas fuentes atribuyen a la industria de la maricultura del camarón la responsabilidad por la pérdida de más de 42,000 hectáreas de manglares desde su comienzo en 1969.[8]

B. Hidroenergía

Ecuador está experimentando significativa carestía de electricidad. Para enfrentar esta situación, el gobierno ha impuesto rutinariamente de 4 a 6 horas de racionamiento en áreas escogidas alrededor del país, con tiempos y ubicaciones rotadas diariamente. Esta carestía de electricidad es debido a la escasez de agua inducida por la sequía que afecta la generación hidroeléctrica en el río Paute. La sedimentación de las represas ha exacerbado más aún el problema. Por ejemplo, la represa de Amaluza tiene una capacidad de 1,200 megawatts y 120 millones de metros cúbicos de almacenamiento y produce alrededor del 60 por ciento de la electricidad del país. Sin embargo, el volumen de almacenamiento que provee la represa de Amaluza ha sido reducido un 25 por ciento a 90 millones de metros cúbicos desde que la operación comenzó. Originalmente construida con 5 unidades de generación, la represa ahora opera con 10 unidades. Este incremento en la capacidad de generación y el aumento concurrente en la demanda de electricidad, unido a la reducida capacidad de almacenamiento y volumen, ha resultado en significativas bajas de los depósitos a niveles muy bajos durante la estación seca. Aunque se han completado planes para desarrollar otro proyecto corriente arriba de la represa de Amaluza, el proyecto aún tiene que ser financiado.

La tabla 2 lista las principales plantas hidroeléctricas de Ecuador, las cuales proveen la mayoría de la electricidad del país.

Tabla 2. Plantas Hidroeléctricas

Nombre	Río	Capacidad (megawatts)
Agoyan	Río Pastaza	170
Represa Amaluza	Río Paute	1,200
Daule Peripa	Río Pastaza	35 (actualmente generando 10)
Pisayambo (nueva)	Río Guayas	300
	Total	1,705

C. Red de Estaciones de Medición

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) mantiene la base de datos hidrológicos para el país. La función básica de INAMHI es recolectar, registrar y mantener información. Reportes de la información similares a los de las publicaciones de USGS son publicados anualmente y resúmenes de información son publicados periódicamente.

Basado en la información provista por INAMHI, existen 125 estaciones hidrológicas a través del país. Estas estaciones miden el nivel, y algunas también miden descarga. Muchas de estas estaciones tienen más de 20 años de información confiable. Ecuador también tiene más de 193 estaciones meteorológicas de varios tipos. Casi todas miden precipitaciones y muchas incluyen información climatológica. Estas estaciones son mantenidas por diferentes agencias, pero NAMHI es el depósito central para la información. Ya que la deforestación está llegando a ser crítica, especialmente en la cuenca del Amazona y la perdida de tierra ha aumentado considerablemente en áreas deforestadas, se necesitan estaciones adicionales para monitorear los impactos de la deforestación.

El mantenimiento de la red existente de estaciones hidrológicas es difícil. La mayoría de las estaciones tiene equipos viejos, tal como tablas de cintas. Algunas de las escasamente pobladas regiones cuentan con información limitada. Otras regiones con difícil acceso, tales como el altiplano y la selva, necesitan estaciones telemétricas o a control remoto. INAMHI tiene un contrato con una compañía Estadounidense para implementar equipo neumático con estaciones telemétricas de fabricación Francesa. Estas estaciones generalmente miden precipitación, temperatura, nivel del agua, humedad relativa, viento y radiación solar.

Oficiales de la Universidad de Cuenca han recolectado una gran cantidad de información meteorológica en las provincias de Canar y Azuay. Esta información es presentada en mapas de precipitaciones mensuales. La cuenca de Paute tiene 44 estaciones de medición. La universidad ha completado recientemente un estudio de clasificación de las áreas de superficie en la cuenca de Paute y la siguiente fase es comenzar a investigar cinco puntos de irrigación que representan las cinco diferentes zonas de la cuenca. También está siendo planificado un Sistema de Información Geográfica para información hidrológica en la región de Cuenca.

D. Transporte en Vías Navegables

Ecuador tiene dos importantes puertos de navegación, Guayaquil y Puerto Bolívar. Dragado en el Puerto de Guayaquil mantiene una profundidad de 6 a 10 metros y el Puerto de Bolívar cuenta con profundidad natural. El río Guayas puede ser navegado alrededor de 60 a 80 kilómetros corriente arriba de Guayaquil. La navegación interna no es de importancia, y las embarcaciones en los ríos varían en tamaño de acuerdo a la profundidad y al ancho permitido por el flujo natural en los ríos. Sólo pequeñas embarcaciones son utilizadas por la mayoría de la navegación comercial en las regiones del Amazonas. El transporte comercial de bienes a través de las vías navegables es administrado por la empresa privada. En algunas áreas altamente remotas, la única forma de transporte es por medio de pequeños botes privados.

E. Control de Inundaciones

La cuenca con el daño de inundación más importante es la cuenca del río Guayas. Esta cuenca alberga al 40 por ciento de la población e importantes actividades agrícolas. Considerables problemas de inundación ocurren en las áreas altas del delta de la Bahía de Guayaquil. Algunos estudios preliminares sugieren que los estancamientos en la parte alta de la cuenca ayudarían a reducir los puntos máximos de inundación, pero también se necesita de trabajo de protección local en la parte baja de la cuenca entre los ríos Babahoyo y Canar. Las inundaciones anualmente causan daño agrícola, comercial y residencial de importancia durante la estación lluviosa (noviembre a mayo). La reducción de las inundaciones en esta área aumentaría enormemente la producción agrícola local de arroz, maíz y bananas.

En años recientes, los daños por inundaciones han aumentado. Esto es parcialmente causado por los cambios en las características hidrológicas de las cuencas como resultado de la deforestación. El desarrollo industrial, residencial y agrícola también se ha sumado a la población en las áreas de alto riesgo de inundación de las planicies aluviales bajas. Se necesita de mucho trabajo para proveer de sistemas de alerta de inundaciones y para poder prevenir inundaciones potenciales en los valles y en las regiones costeras.

Cerca de Cuenca, ETAPA está planificando una represa de control de inundaciones en el río Tomebamba en el estanque Surorchid. La represa será de alrededor de 100 metros de largo y 30 metros de alto, almacenará hasta 13,000 metros cúbicos y proveerá un caudal mínimo de 1.3 metros cúbicos por segundo. Actualmente el río Tomebamba, el arroyo principal que fluye a través de la ciudad de Cuenca, descarga de 450 a 150,000 litros por segundo, con los flujos más altos causando daños significativos.[9]

F. Calidad del Agua

La contaminación del agua superficial proveniente de fuentes domésticas ocurre alrededor de todo el país, especialmente cerca de las áreas altamente pobladas. Sin embargo, muchas fuentes consultadas indican que la contaminación del agua superficial ha incrementado significativamente en años recientes. También agua de salobre a salina es encontrada en lagunas costeras y en los deltas de los ríos.

El Ministerio del Medio Ambiente está trabajando con un programa de $15 millones financiado por el Banco Mundial para fortalecer las prácticas de administración ambiental en el país. Este programa incluye planes para la administración ambiental del Golfo de Guayaquil, las áreas de la cuenca Amazónica afectadas por la exploración de petróleo, y la administración de alrededor de 10 a 12 áreas urbanas tales como Quito, Guayaquil y Cuenca.

La contaminación del agua está eliminando muchos recursos de agua potenciales y existentes. La mayoría de la contaminación proviene de desperdicios domésticos, químicos agrícolas (especialmente a lo largo de la costa) y la producción de petróleo en la cuenca del Amazona. La minería de oro también crea problemas de contaminación en ciertas áreas. Las grandes plantaciones utilizan grandes cantidades de químicos agrícolas; contaminantes provenientes de estos químicos han comenzado a alcanzar al golfo impactando las granjas de camarones. Casi todas las corrientes y los sistemas de agua superficial presentan problemas con pesticidas.

Los desechos domésticos son un gran problema en las Islas Galápagos. Estos desechos domésticos se están filtrando en el sistema de agua subterránea. El gobierno del Ecuador está actualmente construyendo plantas de tratamiento en la mayoría de las principales ciudades de las Islas. El agua subterránea en la Isla de Santa Cruz es levemente salobre debido a la escasa profundidad de los pozos y al alto costo de la perforación a mayor profundidad.[10] Alrededor del 50 por ciento del agua potable proviene de agua de lluvia capturada.

La deforestación y las inadecuadas prácticas del uso del terreno han acelerado la erosión de la tierra, han incrementando las cargas de sedimentos en los ríos y arroyos. Las altas cargas de sedimentos inyectadas en los arroyos han disminuido considerablemente la capacidad de almacenamiento de muchas de las represas y han inducido importantes cambios geomórficos en la mayoría de los arroyos.

G. Marco Legislativo

En la actualidad, el gobierno de Ecuador define los derechos de agua basados en el uso histórico. La actual ley de aguas en Ecuador requiere que honorarios sean cobrados por el agua utilizada en irrigación y propósitos industriales. Cada provincia tiene su propia agencia para la cobranza de estos honorarios. Una nueva ley está siendo desarrollada que permitirá financiar proyectos a través del sistema de honorarios. Esto incluirá hidroenergía, abastecimiento de agua y control de inundaciones. También permitirá que un "retorno mínimo" sea establecido e incluye algunos aspectos de regulación ambiental.

El CNRH está desarrollando una nueva ley de agua que solidificará la ley existente y tratará asuntos de calidad del agua. La ley permitirá al sector privado participar. Estará diseñado para alentar mejores prácticas de administración en utilizar y desarrollar recursos de agua. Una ley para la privatización de la administración de los recursos de agua está también siendo considerada.

IV. Recursos de Agua Existentes

A. Generalidades

Ecuador basa su abastecimiento de agua en agua superficial y subterránea, la mayoría proveniente de fuentes de agua superficial. La irrigación agrícola consume la mayoría y el uso doméstico e industrial comprometiendo a sólo un 3 por ciento. Solamente el 61 por ciento de la población tiene acceso a agua potable en Ecuador. Para propósitos domésticos, las áreas urbanas primordialmente cuentan con agua superficial y las áreas rurales principalmente cuentan con agua subterránea. Las áreas urbanas tienen mayor acceso al abastecimiento de agua y a servicios sanitarios que las áreas rurales. En áreas con acceso inadecuado al abastecimiento de agua confiable, enfermedades provenientes del agua constituyen el mayor peligro para la salud. Setenta y ocho por ciento de la población urbana y sólo 39 por ciento de la población rural tiene acceso a servicios de abastecimiento de agua.

Los ríos constituyen la mayor fuente de agua dulce superficial del Ecuador. Aunque el agua dulce superficial es abundante, la contaminación del agua es un problema serio, especialmente cerca de las áreas pobladas. Contaminación biológica y química de los abastecimientos de agua superficial se ha diseminado, y las condiciones del abastecimiento del agua son agravadas frecuentemente por el incremento en el crecimiento de la población y las demandas por la utilización de la tierra. Las mayores fuentes de contaminación son la agricultura comercial, plantas manufactureras, actividades mineras y operaciones de petróleo.

Suficientes abastecimientos de agua dulce subterránea están disponibles a lo largo de la mayoría del Ecuador. Contaminación biológica y química de pozos de pequeña profundidad es una preocupación importante. Pozos profundos pueden proveer buenas fuentes para el abastecimiento de agua doméstica. Muchos abastecimientos de agua pequeños y rurales dependen de fuentes de agua subterránea.

El acceso a fuentes de recursos de agua es factible en áreas urbanas del Ecuador donde la red de caminos y carreteras es más extensa. Sin embargo, en áreas rurales subdesarrolladas, el acceso es obstaculizado por la falta de caminos resistentes a las inclemencias del clima y condiciones adversas del terreno.

B. Recursos de Agua Superficial

Ecuador tiene un promedio anual de lluvia de 1,200 milímetros, pero no esta distribuida en forma pareja. Las corrientes templadas del Océano Pacífico impactan significativamente el clima en las áreas costeras al oeste de los 80 grados de longitud. Esta región es muy árida y parece que se agrava más cada año. Los patrones de clima en la Cordillera de Los Andes y en la región de los valles del este son significativamente diferentes entre ellos y el de las áreas costeras. De enero a abril es húmedo y lluvioso en la región costera o Costa, mientras que de octubre a noviembre la precipitación es muy poca. A este patrón se le llama el sistema Pacífico. En el este u Oriente usualmente ocurren fuertes lluvias tropicales en julio y agosto. En la región de las montañas o Sierra, la influencia de los patrones de clima costeros y del Amazonas producen dos estaciones lluviosas, de febrero a marzo y de junio a agosto. Las lluvias en las montañas son generalmente suaves en intensidad pero largas en duración.

Ecuador puede ser dividido entre cinco principales regiones climáticas de acuerdo a las precipitaciones. Estas son los valles Amazónicos, los altiplanos intermontañosos, los valles costeros, la cuenca de Santa Elena-Manta y las Islas Galápagos. En los últimos cien años, algunas áreas del país han experimentado significativas reducciones de hasta 10 milímetros de precipitación promedio anual debido a cambios climáticos y deforestación.

La topografía y la precipitación estacional controla la distribución de recursos de agua superficial. La tabla A-1 y la figura A-1 en el Apéndice A proveen información detallada de la disponibilidad de agua superficial. El acceso a fuentes de agua es posible en planicies de inundación y a lo largo de caminos, pero es difícil en áreas remotas.

Ecuador tiene un área total de 272,456 kilómetros cuadrados. En general, Ecuador tiene 40,000 metros cúbicos de agua por persona por año; sin embargo, no esta distribuida en forma pareja. Por ejemplo, el promedio anual de precipitación para Quito y el sur es solamente de 300 milímetros, pero el promedio anual de precipitación para los valles del norte es mayor de 1,000 milímetros. Las mayores cantidades de agua disponible están en la escasamente poblada cuenca del Amazonas.

La cuenca del río Napo tiene la mayor precipitación del Ecuador. También esta es la región productora de cocoa. En 1987 un terremoto, junto con intensas lluvias crearon deslizamientos de tierra que resultaron en la pérdida de suelos de superficie en esta región. Grandes cantidades de sedimento fueron inyectadas en los ríos creando represas temporales y alterando el curso de los ríos varias veces. Un volcán activo, al mantener la superficie inestable, agrava aún más la erosión de los suelos.

La región Oriente, la cual representa el 29 por ciento del país, tiene suficiente abastecimiento de agua. En esta área las inundaciones son el problema más significativo con respecto a los recursos de agua. Esta región está escasamente poblada y en gran parte del área, los arroyos son el medio más práctico de transporte.

Las vertientes y los ríos de las montañas pueden ser utilizados para el abastecimiento de agua, pero en las partes bajas de la cuenca, estos están contaminados con químicos agrícolas. Las comunidades del valle intermontañoso generalmente utilizan agua de vertientes. En el Oriente, una combinación de vertientes y ríos son utilizados para el abastecimiento de agua. En la áreas de la jungla, la fuente primaria para uso doméstico son los ríos, pozos de poca profundidad y agua de lluvia capturada. Algo de contaminación existe en arroyos cercanos a centros de actividades de desarrollo petrolero.

Una estimación de 200 a 300 hectáreas de bosques son perdidos anualmente a causa de la deforestación.[11] La mayoría de la pérdida ocurre en la parte noroeste del país. USAID ha contratado a CARE para desarrollar técnicas de administración ecológica para un área en la parte noroeste del país. La deforestación afecta el clima y la calidad del agua y causa escurrimientos.

Las principales características del desagüe en el Ecuador incluyen arroyos perennes e intermitentes, tierras pantanosas, pequeños lagos y represas. Grandes y pequeños arroyos perennes son comunes alrededor del interior del país. A lo largo de la costa del Pacífico y en las Islas Galápagos, los arroyos son intermitentes. En los valles de la Cordillera de Los Andes los lagos pequeños son comunes. Los estancamientos más importantes están en las cadenas montañosas de Los Andes.

Las más importantes cuencas de desagüe en Ecuador están listadas en la tabla 3. Las Islas Galápagos están listadas como un área de desagüe, ya que las islas individuales tienen características similares. Sin embargo, cada isla es su propia unidad de desagüe. Los caudales en los principales ríos de las cuencas de las Islas Galápagos proveen agua en los valles y las planicies bajas alrededor de todo el año. La tabla 3 presenta la precipitación anual promedio y promedio anual de descarga de los ríos más importantes es estas cuencas.

Tabla 3. Principales Cuencas de Drenaje

Nombre del Río	Cuerpo Receptor	Area (km^2)	Promedio Anual de Precipitación (mm)	Descarga Promedio (m^3/s)
Guayas	Golfo de Guayaquil	32,112	1,662	835
Esmeraldas	Océano Pacífico	20,401	1,980	680
Catamayo	Océano Pacífico	6,717	999	93
Mira	Océano Pacífico	6,495	1,788	210
Cayapas-Onzole	Océano Pacífico	6,024	3,326	403
Zapotal	Océano Pacífico	5,561	465	21
Jubones	Océano Pacífico	4,054	898	59
Puyango	Océano Pacífico	3,694	1,222	72
Balao	Océano Pacífico	3,417	1,335	63
Arenillas	Océano Pacífico	2,725	861	21
Jipijapa	Océano Pacífico	2,638	371	5
Chone	Océano Pacífico	2,483	1,070	26
Canar	Océano Pacífico	2,384	1,327	53
Taura	Océano Pacífico	2,348	1,196	30
Portoviejo	Océano Pacífico	2,231	737	12
Verde	Océano Pacífico	2,169	2,038	43
Jama	Océano Pacífico	2,095	821	5
Cojimies	Océano Pacífico	1,617	1,425	18
Muisne	Océano Pacífico	1,285	2,639	53
Mataje	Océano Pacífico	684	3,052	35
Carchi	Océano Pacífico	348	1,215	6
Napo	Cuenca del Amazona	30,948	3,388	424
Santiago	Cuenca del Amazona	26,176	3,127	661
Pastaza	Cuenca del Amazona	24,296	3,255	2,051
Churaray	Cuenca del Amazona	17,159	2,883	801
Aguarico	Cuenca del Amazona	11,065	2,175	900
Tigre	Cuenca del Amazona	6,492	2,742	265
Morona	Cuenca del Amazona	6,481	1,603	632
Mayo-Chinchipe	Cuenca del Amazona	2,844	3,354	453
San Miguel-Putumayo	Cuenca del Amazona	6,539	3,388	424
Islas Galapagos	Océano Pacífico	–	–	–

Nota: El guión indica que la información no está disponible.

La mayoría de la población en la región de la montaña y en la cuenca de Guayas en la área de la costa del Pacífico. Las principales cuencas en el país son la de Guayas, Esmeraldas la cual drena al oeste y la Amazona (Napo, Pastaza y Santiago) la cual drena al este.

Algunos de los tributarios en las partes altas de las cuencas de desagüe, en las provincias del sur a lo largo de la costa y en los valles Andinos pueden no tener caudal durante los meses secos del año. Los caudales máximos mensuales en los arroyos de las Islas Galápagos típicamente varían desde dos a cinco veces en promedio de caudal anual, y los caudales mensuales mínimos varían de un tercio a un sexto del caudal promedio anual.

Los ríos grandes y represas proveen agua dulce durante todo el año. Abastecimientos de agua provenientes de arroyos pequeños y represas son estacionalmente abundantes. Fuentes naturales de agua en el Ecuador son aumentadas por fuentes de agua producidas por el hombre, las cuales incluyen represas y embalses. La tabla 4 muestra las principales represas y embalses en el país.

Tabla 4. Principales Represas/Embalses

Nombre	Río	Volumen de la Represa ($10^3 m^3$)	Propósito
San Marcos	Río Boqueron	40,000	Irrigación
El Carrizal	Río Carrizal	400,000	Control de inundaciones e irrigación.
Daule-Peripa	Río Daule	6,000,000	Hidroelectricidad, irrigación, control de inundaciones y abastecimiento de agua.
Pisayambo	Río Pisayambo	100,000	Hidroelectricidad
Poza Honda	Río Portoviejo	100,000	Irrigación y abastecimiento de agua
Agoyan	Río Pastaza	1,850	Hidroelectricidad
San Vicente	Río Nuevo	25,000	Irrigación
El Azúcar	Río Azúcar	12,000	Irrigación
Daniel Palacios	Río Paute	120,000	Hidroelectricidad
El Labrado	Río Chulco	6,000	Hidroelectricidad e irrigación
Tahuin	Río Arenillas	220,000	Irrigación, control de inundaciones y abastecimiento de agua

* Comisión Internacional de Grandes Represas, Registro Mundial de Represas, 1984.

C. Recursos de Agua Subterránea

De acuerdo a oficiales Ecuatorianos, la información referente al agua subterránea es limitada y se necesita de investigación significativa para desarrollar una base de datos confiable. Suficiente abastecimiento de agua subterránea dulce está disponible generalmente a lo largo de la mayoría del Ecuador. Vertientes y pozos profundos proveen la fuente más confiable e importante de agua subterránea para abastecimiento de agua para beber. En los valles del altiplano, los acuíferos son pequeños. Actualmente no existe una agencia reguladora para el agua subterránea, pero las nuevas agencias están trabajando en el desarrollo de regulaciones apropiadas.

Los abastecimientos de agua subterránea más abundantes están disponibles en aluviones que típicamente consisten de arenas y gravas. Estos acuíferos se encuentran en la cuenca del río Guayas en la región de la Costa y a lo largo de los ríos en la región Oriente. La producción en la cuenca del río Guayas ha sido observada en hasta 7,900 litros por minuto. Otras importantes fuentes de abastecimiento de agua subterránea son encontradas también en acuíferos de sedimentos consolidados y no consolidados de piedra arenisca y conglomerados en la región del Oriente.

La accesibilidad a fuentes de agua subterránea es mejor cerca de las áreas pobladas y de las áreas agrícolas desarrolladas. Areas sin caminos, la densa vegetación y suelos pantanosos dificultan el acceso. Sin embargo, en la cuenca del río Guayas el acceso es bueno excepto por las áreas pantanosas.

El abastecimiento de agua subterránea es obtenido de acuíferos. Un acuífero puede ser imaginado como una enorme reserva natural o sistemas de reservas en rocas cuya capacidad es el volumen total de los poros o aberturas que están llenas con agua. El agua subterránea puede ser encontrada en un cuerpo continuo o varias capas diferenciadas de rocas y sedimentos dentro de la cavidad en cualquier ubicación. El agua subterránea existe en muchos tipos de ambientes geológicos, tales como poros intergranos en arenas y gravas no consolidadas, fracturas de enfriamiento en basaltos, cavidades separadas en piedra caliza y uniones sistemáticas y fracturas en roca ígnea y metamórfica por nombrar algunas. Desafortunadamente, las masas de roca son raramente homogéneas y tipos de rocas adyacentes pueden variar significativamente en su habilidad para contener agua. Un acuífero es un lecho saturado, formación o grupo de formaciones que producen agua en suficientes cantidades para que sean económicamente útiles. Para ser un acuífero, una formación geológica debe contener poros o espacios abiertos (intersticios) que están llenos con agua, y estos intersticios deben ser lo suficientemente grandes para transmitir agua hacia los pozos en una proporción útil. En ciertas masas de roca tales como sedimentos consolidados y rocas volcánicas, el agua no puede fluir, en su mayor parte, a través de la masa. El único flujo de agua suficiente para producir cantidades utilizables de agua puede ser por medio de las fracturas o uniones en las rocas. Por lo tanto, sí un hueco es perforado en una ubicación en particular y la formación de roca subyacente (lecho rocoso) es muy compacta (consolidada con poca o nada de permeabilidad primaria) para transmitir agua a través de los espacios de los poros y si la roca sólida no está fracturada, entonces poco a nada de agua será producido. Sin embargo, si un hueco es perforado en una ubicación donde el lecho rocoso es compacto y la roca está altamente fracturada y con agua fluyendo por sus fracturas, entonces el hueco podría producir suficiente para que sea económicamente útil.

Ya que es difícil o imposible de predecir las ubicaciones precisas que tienen fracturas en el lecho rocoso, se puede utilizar análisis fotográfico para asistir en la selección de las ubicaciones más adecuadas para los pozos. Otros métodos están disponibles, pero generalmente son más caros. Geólogos usan fotografía aérea en combinación con otras fuentes de información para trazar litología, fallas, buscar fracturas y otras características que ayudan a la selección de la ubicación de los pozos. En roca sólida, los pozos localizados en fracturas y especialmente en intersecciones de fracturas generalmente tienen las producciones más altas. La correcta ubicación de un pozo en una fractura no sólo hará la diferencia entre altas versus bajas producciones de agua, pero potencialmente hará la diferencia entre producir algo de agua versus nada de agua. La verificación en terreno de probables fracturas aumenta aún más la posibilidad de pozos exitosos.

El agua subterránea es generalmente más segura que los abastecimientos de agua superficial no tratada, sin embargo, muchos acuíferos de poca profundidad están contaminados. Sin tratamiento, muchas de las fuentes tradicionales de agua están llegando a ser inapropiadas para el consumo humano. La contaminación biológica de acuíferos de poca profundidad debido a patógenos causados por la inadecuada disposición de los desechos animales y humanos es un problema común. El problema afecta incluso áreas que rodean a las villas más pequeñas. El nivel freatico superficial generalmente fluye siguiendo los contornos del terreno y la contaminación típicamente se mueve cuesta abajo de las áreas pobladas.

Los acuíferos consistentes de flujos de lava brechiforme o fracturados son particularmente susceptibles a la contaminación, ya que el agua es transmitida rápidamente en la subsuperficie con poca o ninguna filtración de los contaminantes. Los sistemas fracturados también pueden transportar la contaminación en otras direcciones diferentes a las que se ubican directamente cuesta a bajo. En áreas de sedimentos no consolidados, se espera que el agua producida a profundidades menores de 10 ó 20 metros esté contaminada. Acuíferos aposados de poca profundidad en volcánicas relativamente no gastadas están frecuentemente contaminadas. El agua obtenida de pozos que están cerca de los arroyos son susceptibles de estar contaminadas. Aunque la calidad del agua subterránea es generalmente buena, notables excepciones existen para áreas de agua salina o salobre cerca de la costa y junto a manglares.

El revestimiento de acero para la construcción de pozos es recomendado a lo largo de todo el país. Los pozos terminados con otro tipo de materiales de revestimiento pueden sufrir daño excesivo o deformación durante eventos sísmicos.

El SSA ha conducido estudios de resistencia de aproximadamente 500 pozos para determinar las mejores áreas para perforar en busca de agua. Esta información está en una base de datos de perfiles geohidrológicos los cuales identifican características de cantidad, calidad, químicas y geofísicas. Desde esta base de datos, el SSA puede predecir los porcentajes de producción.

D. Condiciones del Agua por Unidades de Mapa

El mapa de recursos de agua superficial, la figura A-1 en el Apéndice A, basado en cantidad y calidad del agua, divide al país en las unidades de mapa 1 a la 4. La unidad de mapa 1 muestra las áreas donde el agua dulce superficial es perennemente abundante en grandes a enormes cantidades. La unidad de mapa 2 muestra las áreas donde el agua superficial dulce es estacionalmente abundante de grandes a enormes cantidades. Las estaciones y ubicaciones son las siguientes: de enero a mayo en las áreas de las planicies costeras; de octubre a junio en la área intermontañosa entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental; y de marzo a junio y de septiembre a noviembre a lo largo de los faldeos del este de la Cordillera Oriental. El agua dulce está disponible de pequeñas a grandes cantidades durante la estación baja de agua, cuando las fuentes perennes disminuyen y las fuentes intermitentes se secan por extensos periodos. La unidad de mapa 3 muestra las áreas donde el agua dulce es escasa o inexistente pero inicialmente dulce con una transición a agua predominantemente salobre. De enero a abril hay de pequeñas a grandes cantidades disponibles en respuesta a las precipitaciones desde arroyos intermitentes. Estas áreas están generalmente secas el resto del año. La unidad de mapa 4 muestra las áreas donde el agua dulce es escasa o inexistente. A lo largo de todo el año de grandes a enormes cantidades de agua salobre a salina están disponibles en los estuarios costeros y pantanos.

El mapa de recursos de agua superficial, figure A-1 en el Apéndice A, divide al país entre cuatro regiones fisiográficas catalogadas como A, B, C y D. Estas son las regiones de las planicies costeras, la Cordillera de Los Andes, los valles del este y las Islas Galápagos. Una región fisiográfica está basada en características físicas de los límites del agua superficial y se pueden recubrir en varias cuencas ribereñas. Estas cuatro regiones fisiográficas cruzan varios límites de provincias.

El mapa de recursos de agua subterránea, figura A-2 en el Apéndice A, divide al país en las unidades de mapa 1 a la 6, basado en la cantidad de agua, calidad y características de los acuíferos. La unidad de mapa 1 muestra las áreas donde el agua dulce es generalmente abundante de pequeñas a grandes cantidades provenientes de aluviones. La unidad de mapa 2 muestra las áreas donde el agua dulce es generalmente abundante en moderadas cantidades y donde grandes cantidades se encuentran localmente disponibles. La unidad de mapa 3 muestra las áreas donde el agua dulce es localmente abundante de pequeñas a moderadas cantidades. La unidad de mapa 4 muestra las áreas donde el agua dulce es localmente abundante de muy pequeñas a pequeñas cantidades y donde el agua salobre puede darse localmente. La unidad de mapa 5 muestra las áreas donde el agua dulce es escasa o inexistente con exiguas a pequeñas cantidades localmente disponibles. La unidad de mapa 6 muestra las áreas donde el agua dulce es escasa o inexistente con pequeñas a grandes cantidades de agua salobre disponible.

El mapa de recursos de agua subterránea divide al país en cuatro regiones hidrogeológicas que se presentan como las regiones I a la IV. Ellas son las regiones de la Costa, Sierra, Oriente y de las Islas Galápagos. Una región hidrogeológica está basada en límites de formaciones geológicas o acuíferos y pueden contener uno o más acuíferos o formaciones. Estas cuatro regiones hidrogeológicas cruzan varios límites provinciales.

En el texto, la cantidad y calidad de agua superficial y subterránea de cada provincia están descritos por los siguientes términos:

Términos Cuantitativos

Enorme	= >400,000 litros por minuto (100,000 galones por minuto)
Muy grande	= >40,000 a 400,000 litros por minuto (10,000 a 100,000 galones por minuto)
Grande	= >4,000 a 40,000 litros por minuto (1,000 a 10,000 galones por minuto)
Moderado	= >400 a 4,000 litros por minuto (100 a 1,000 galones por minuto)
Pequeño	= >40 a 400 litros por minuto (10 a 100 galones por minuto)
Muy pequeño	= >4 a 40 litros por minuto (1 a 10 galones por minuto)
Exiguo	= ≤4 litros por minuto (1 galón por minuto)

Términos Cualitativos:

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

*La suma de TSD es la concentración de minerales en el agua. La mayoría de los minerales disueltos son sales inorgánicas también descritas como *salinidad.* La guía de la Organización Mundial de la Salud establece que el nivel máximo recomendado de TSD para la calidad de el agua para tomar es de 1,000 miligramos por litro. La calidad del agua dulce no significa que el agua es potable, puede que aún requiera de purificación de contaminación biológica y química.

Vea las tablas A-1 y A-2 y las figuras A-1 y A-2 para información detallada acerca de las unidades de mapa de agua de superficie y subterránea.

E. Condiciones del Agua por Provincia

La siguiente información fue recopilada para cada provincia de los datos contenidos en el Apéndice A, (Recursos de Agua Superficial, figura A-1 y tabla A-1; y Recursos de Agua Subterránea, figura A-2 y tabla A-2) y desde el *Mapa Hidrogeológico Nacional de La República del Ecuador*, edición de 1986. La información presentada a continuación constituye un vistazo general y regional de la provincia, sacada de un estudio a escala del país (Apéndice A). Localmente, las condiciones que se describen pueden cambiar. Para todas las áreas que parecen ser adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales, estudio e investigación adicional es necesario para describir adecuadamente los recursos de agua de una provincia en particular antes de comenzar un programa de perforación de pozos. La información específica de pozos es limitada y para muchas áreas inexistente. Las unidades de mapa de agua superficial y de agua subterránea se presentan en orden descendiente desde las unidades más atractivas a las menos atractivas. Las provincias se describen de norte a sur por cada región fisiográfica en el siguiente orden: A. Planicies costeras, B. Cordillera de los Andes, C. Los valles bajos de este, y D. las Islas Galápagos. Puede que sea beneficioso tener las figuras A-1 y A-2 del Apéndice A disponible para referencia mientras se revisa esta sección.

Esmeraldas

a. Generalidades. Alrededor del 3 por ciento de la población total del Ecuador vive en la provincia de Esmeraldas; alrededor de 32 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Esmeraldas. La población de la provincia en 1990 era de 306,628. Esmeraldas esta en la sección noroeste del Ecuador y limita con el país de Colombia y el Océano Pacífico. Esmeraldas tiene una superficie de terreno de 15,216 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 6 por ciento del total de la superficie terrestre del país. Agua dulce superficial es perennemente abundante para casi la totalidad de la provincia. El agua dulce subterránea es localmente abundante para casi dos tercios de la provincia. Muchos pozos en esta provincia están a lo largo de la costa y tienden a ser salobres.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1, 2, y 4 están representadas dentro de la provincia de Esmeraldas. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es perennemente abundante, ocupa casi el 90 por ciento de la provincia y cubre la mayoría de la masa territorial dentro de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia a lo largo de su límite este, ubicándose en la base del costado oeste de la Cordillera Occidental. Aquí el agua dulce es estacionalmente abundante desde enero hasta mayo, con caudales que disminuyen el resto del año. La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia y representa una zona de manglares pantanosos que rodean el delta del río de Santiago en la punta noroeste de la provincia. Aquí, el agua dulce es escasa o inexistente, pero agua salobre a salina está disponible perennemente debido a la intrusión del flujo del agua del mar mezclándose con el flujo del arroyo.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4, 5 y 6 están representadas dentro de la provincia de Esmeraldas. Los pozos en la provincia tienen Total de Sólidos Disueltos (TSD) variados que oscilan desde los 225 a 2,250 miligramos por litro. La contaminación de hierro en los pozos es una gran preocupación en la provincia. La falta de caminos y la densa vegetación limita en algunas áreas el acceso a fuentes de agua subterránea. Alrededor del 70 por ciento de la provincia se ubica equitativamente dentro de las unidades de mapa 3 y 4 donde el agua dulce es abundante localmente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, acupa alrededor del 10 por ciento de la parte norte y sur de la provincia. Los acuíferos son aluviales, consistentes en arenas y gravas con menores cantidades en cieno, arcillas, arenisca y conglomerados. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a largas cantidades de agua dulce. La formación de San Tadeo en la unidad de mapa 1 consiste de lahares, fanglomerados y flujos de lodo con TSD que típicamente oscilan entre 255 y 280 miligramos por litro. La formación Cuaternaria No Diferenciada en la unidad de mapa 1 consiste de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. La exploración de pozos en esta unidad de mapa es recomendada debido al potencial de producción alta y agua de buena calidad.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia en las elevaciones de menor altura. Los acuíferos consisten de areniscas y conglomerados con menores cantidades de tufas, arcillas, cienos, rocas de lodo y calizas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La Formación Superior de Onzole dentro de esta unidad de mapa consiste de arcilla estratificada con menores cantidades de arenisca y lentes de conglomerado. Los valores de TSD en esta Formación oscilan entre los 1,350 y 2,250 por litro. La Formación Viche dentro de la unidad de mapa 3 consiste de cieno arcilloso con lentes calcarios, conglomerados y areniscas. Los valores de TSD de la Formación Viche oscila entre los 540 y los 2,100 miligramos por litros. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa casi el 35 por ciento de la provincia y se ubica en una dirección noreste-suroeste a través de la provincia. Los acuíferos consisten de volcánicas recientes, piedras cataclásticas, piedras piroclásticas, porfidias, diabasas, cuarzitas, calizas y rocas de lodo. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Perforar sería probablemente difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar las zonas de fracturas deberían mejorar las posibilidades de una exploración exitosa de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en dispersas localidades a la redonda. Los acuíferos consisten de rocas ígneas intrusivas y extrusivas compuestas de granitos, granodiorita, riolita y masivas rocas metamórficas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería mejorar la posibilidad de la exploración exitosa de pozos. Estás áreas son las menos deseables para la exploración futura de pozos, debido a su poco potencial de producción. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas y a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y pozos de bombas manuales.

La unidad de mapa 6 ocupa menos del 10 por ciento de la provincia en unas pocas localidades dispersas a lo largo de la costa. La capital provincial de Esmeraldas y la comunidad de San Lorenzo están dentro de esta unidad de mapa. Los acuíferos consisten de rocas clásticas no consolidadas. Generalmente tienen alta permeabilidad, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua salobre a salina. El agua dulce es escasa o inexistente en la unidad de mapa 6. Estos acuíferos están generalmente asociados con manglares. La Formación Manglar en la unidad de mapa 6 consiste de lodos arcillosos y cienos. Los valores de TSD están entre los 225 y 2,100 miligramos por litro. La exploración no es recomendada en esta área debido al potencial de agua de poca calidad.

Pichincha

a. Generalidades. Pichincha alberga alrededor del 18 por ciento del total de la población del Ecuador; acerca del 63 por ciento de esta población reside en la capital provincial y nacional, Quito. La población de la provincia en 1990 era de 1,756,228 habitantes. La provincia de Pichincha está en la sección nor-central del Ecuador. Pichincha tiene una superficie territorial de16,599 kilómetros cuadrados y ocupa aproximadamente el 6 por ciento de la masa territorial total. El agua dulce de superficie está equitativamente dividida entre perennemente abundante en las elevaciones más bajas a lo largo de los ríos de los valles, y estacionalmente abundante en las elevaciones más altas de la provincia. El agua dulce subterránea es localmente abundante en casi dos tercios de la provincia y generalmente abundante en la parte oeste de la provincia.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 está presentes dentro de la provincia de Pichincha, cada una ocupando alrededor del 50 por ciento. La unidad de mapa 1 está mayoritariamente en la parte oeste, donde el agua dulce en perennemente abundante. La unidad de mapa 2 se encuentra mayoritariamente en la parte este, donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos. Quito, la capital nacional, se ubica en la unidad de mapa 2. Las áreas de faldeos moderados que se ubican en la base del lado oeste de la Cordillera Occidental, el agua dulce es estacionalmente abundante, generalmente desde enero hasta mayo con caudales que disminuyen el resto del año. El interior de la región de las montañas de los Andes al este de Pichincha, se caracteriza por arroyos tipo garganta con pendientes pronunciadas y escabrosas. Aquí, el agua dulce es estacionalmente abundante, generalmente desde octubre hasta junio, con disminución o fluctuación drástica del escurrimiento el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Pichincha. Los pozos en la provincia tienen producciones que varían desde los 60 hasta los 4,500 litros por minuto (acerca de 16 a 1,200 galones por minuto). Los valores de TSD en la provincia oscilan entre 53 y 2,925 miligramos por litro. La falta de caminos y la densa vegetación limita el acceso a las fuentes de agua subterránea en algunas áreas. Las unidades de mapa 1 y 3 ocupan la mayoría de la provincia, donde el agua dulce es general o localmente abundante. Muchos pozos están ubicados en la unidad de mapa 1.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa alrededor del 35 por ciento en la parte oeste de la provincia en la región de la Costa. Los acuíferos son aluviales provenientes de la Formación de San Mateo. Estos acuíferos son confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Los pozos en esta formación tienen producciones de 240 a 4,500 litros por minuto (alrededor de 60 a 1,200 galones por minuto). Los valores de TSD oscilan entre 53 y 320 miligramos por litro. La exploración de pozos es recomendada en la unidad de mapa 1 debido al potencial de altas producciones y a la buena calidad del agua.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia en las elevaciones más altas de la cadena montañosa de la Cordillera Occidental. Los acuíferos consisten de rocas volcánicas recientes con menores cantidades de arena, arcilla y areniscas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad media a baja, produciendo pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce, con una producción anual promedio de 900 litros por minuto y un promedio de TSD de 300 miligramos por litro. La Formación de Cangahua, en la unidad de mapa 3 consiste de rocas volcánicas. Los pozos en esta formación tienen producciones de 60 a 900 litros por minuto (alrededor de 16 a 240 galones por minuto). Las producciones más altas son probablemente el resultado de fracturas en la formación. Los valores de TSD oscilan de 283 a 2,925 miligramos por litro. Quito, la capital nacional está en esta área. La mayoría de las áreas dentro de esta unidad son adecuadas para pozos tácticos y pozos de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia y está a lo largo de los faldeos este y oeste de la cadena montañosa de la Cordillera Occidental. Los acuíferos consisten de volcánicas recientes, piedras cataclásticas, porfidias, diabasas, quarzitas, calizas y rocas de lodo. Ellos producen de pequeñas a muy pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Es probable que la perforación sea difícil en la dura roca volcánica. Pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Detección remota para la localización de fracturas deberían mejorar la probabilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa menos del 5 por ciento de la parte nor-central y este de la provincia. Los acuíferos consisten de granitos y granodoritos, los cuales producen de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen muy pobres propiedades hidrológicas y son casi impermeables. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas deberían mejorar la posibilidad en la exploración exitosa de pozos. Estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos debido a su bajo potencial de producción. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas de profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Manabi

a. Generalidades. Manabi alberga alrededor del 11 por ciento de la población total del Ecuador, 13 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Portoviejo. La población de la provincia en 1990 era de 1,031,927 habitantes. La provincia de Manabi está ubicada en la sección costera del oeste del Ecuador. Manabi tiene un área de superficie territorial de 18,400 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 7 por ciento de la masa total del territorio del país. El agua dulce superficial es abundante estacionalmente en más de la mitad de la provincia. El agua dulce subterránea es localmente abundante en la mitad de la provincia. En las elevaciones bajas a lo largo de la costa, el agua subterránea dulce es escasa o inexistente. Una persistente sequía desde 1994 a 1997 disminuyó drásticamente la duración de caudal y descarga en muchos arroyos intermitentes en la región montañosa de los Andes.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1, 2, 3 y 4 están representadas dentro de la provincia de Manabi. La unidad de Mapa 1 ocupa alrededor del 20 por ciento de las partes central y norte de la provincia. La planta hidroeléctrica de Daule Peripa está en el río Daule en esta provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia. Incluye áreas donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos generalmente desde enero hasta mayo. Los caudales disminuyen el resto del año.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia. Está en la parte árida del oeste de la provincia donde agua dulce a salobre está estacionalmente presente en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a abril, con disminución de los caudales durante el resto del año. La unidad de mapa 4 ocupa menos del 1 por ciento de la provincia en las marismas alrededor de la desembocadura del río Chico. Aquí el agua dulce es escasa o inexistente, pero el agua salobre a salina está perennemente presente debido a la intrusión de la marea que se mezcla con los caudales de los arroyos.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4, 5 y 6 están representadas dentro de la provincia. Las unidades de mapa 3 y 4 cubren alrededor del 70 por ciento de la provincia donde el agua dulce es localmente abundante. Pozos existentes tienen producciones que varían desde los 90 a 120 litros por minuto (alrededor de 24 a 32 galones por minuto). Los valores de TSD varían solamente desde 64 a 6,000 miligramos por litro. La contaminación por hierro es una preocupación de importancia en la provincia.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa en la parte noreste alrededor del 5 por ciento de la provincia. Los acuíferos de la Formación de San Tadeo son confinados y no confinados con una permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Un pozo en esta Formación tiene una producción de 120 litros por minuto (alrededor de 32 galones por minuto). Los valores de TSD en esta formación oscilan entre los 64 y los 240 miligramos por litro. Aquí la exploración de pozos es recomendada debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia con dirección noreste-suroeste a través de la provincia con el área más grande ubicada en el este. Los acuíferos consisten de areniscas y conglomerados con menores cantidades en tufas, arcillas, cieno, rocas de lodo y calizas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La Formación de Angostura consiste de areniscas, conglomerados y areniscas calcáreas con valores de TSD que oscilan entre los 450 y 2,653 miligramos por litro. La Formación Borbon consiste de areniscas, arcillas, conglomerados y areniscas calcáreas. Los valores de TSD para esta formación oscilan de 98 a 1,200 miligramos por litro. La Formación de Tablazos es superior a los 150 metros de espesor y consiste de areniscas, conglomerados y sedimentos calcáreos. Los pozos completados de la Formación de Tablazos son artesianos con producciones de 60 a 480 litros por minuto. La Formación Viche consiste de cieno arcilloso con lentes calcáreos, conglomerados y areniscas. Un pozo en esta unidad de mapa tiene un valor de TSD de 615 miligramos por litro. La Formación de San Mateo consiste en areniscas, conglomerados y arcillas. Los valores de TSD oscilan entre 450 y 6,000 miligramos por litro. En las áreas aledañas a San Lorenzo, las profundidades de los pozos promedian aproximadamente 20 metros con un promedio de la profundidad al agua de 5 metros. El promedio del valor del TSD es de 3,000 miligramos por litro. Los promedios de producción son de 60 litros por minuto. Manta, una comunidad portuaria de importancia está en esta unidad de mapa. La mayoría de las áreas que están dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y pozos con bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia a través de aisladas localidades. Los acuíferos consisten de rocas de cieno, lutitas, areniscas, conglomerados, arcillas, arcillas esquistosas, brequias, diabasas y rocas piroclásticas. Ellas producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades de menos de 60 metros. Las Formaciones de Onzole y Charapoto dentro de esta unidad de mapa consisten de rocas de cieno, lutitas, areniscas y conglomerados. Los valores de TSD oscilan entre 360 y 2,250 miligramos por litro. La Formación de Cayo consiste de arcillas, lajillas, brequias y conglomerados. Los valores de TSD de dos pozos son 2,800 y 3,200 miligramos por litro. La perforación sería más bien difícil en la dura roca volcánica. Pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas, deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia en un área paralela a la costa con dirección noreste-suroeste. Los acuíferos consisten de lutitas, rocas de cieno calcáreas y arcillas de la Formación de Dos Bocas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos pueden que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos. Estas áreas son las menos deseadas para la futura exploración de pozos debido a su bajo potencial de producción. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 6 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia en unas pocas localidades aisladas a lo largo de la costa. Dos de estas áreas están en los tramos bajos del río Chone y del río Chico. La capital provincial de Portoviejo está dentro de esta unidad de mapa. Los acuíferos están en la Formación Cuaternaria No Diferenciada y consisten de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Generalmente tienen alta permeabilidad, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua salobre a salina y con escasa o inexistente agua dulce. Los valores de TSD oscilan desde 1,200 a 2,475 miligramos por litro. La exploración de pozos en estas áreas costeras no es recomendada debido al potencial de agua de poca calidad.

Los Ríos

a. Generalidades. Los Ríos alberga alrededor del 6 por ciento del total de la población del Ecuador y su capital provincial es Babahoyo. La población de la provincia en 1990 era de 527,559 habitantes. La provincia de los Ríos está en la sección oeste-central del Ecuador. Los Ríos tiene una superficie de área territorial de 6,254 kilómetros cuadrados y ocupa casi el 2 por ciento de la masa del territorio total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Los Ríos. La unidad de mapa 1 ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia localizada en las amplias planicies de inundación de los ríos más importantes. El agua dulce es perennemente abundante es esta área. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia y representa las áreas afuera de los principales valles de los ríos. Esta unidad de mapa tiene agua dulce estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente desde enero hasta mayo, con caudales que disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Los Ríos. Los pozos en la provincia tienen producciones que varían de 60 a 3,000 litros por minuto (alrededor de 16 a 800 galones por minuto). Los valores de TSD en la provincia oscilan entre 50 y 680 miligramos por litro.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos y con agua dulce generalmente abundante, ocupa alrededor del 90 por ciento de la provincia. Babahoyo, la capital de la provincia, está dentro de esta unidad de mapa a lo largo del río Babahoyo. Generalmente los acuíferos son aluviales consistentes de arenas y gravas, con menores cantidades de cienos, arcillas, areniscas y conglomerados. Estos acuíferos están confinados y no confinados con una permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. La Formación de Pichilingue en esta unidad de mapa, consiste de sedimentos de terraza y de ríos. Un pozo en esta formación tiene una producción de 1,500 litros por minuto (alrededor de 400 galones por minuto). Los valores de TSD oscilan entre 50 y 680 miligramos por litro. La Formación Cuaternaria No Diferenciada en esta unidad de mapa consiste de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Los pozos en estos sedimentos tienen producciones entre 60 y 3,000 litros por minuto. Los valores de TSD oscilan entre 64 y 450 miligramos por litro. La exploración de pozos es recomendada en esta área debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua.

La unidad de mapa 4 ocupa más del 5 por ciento de la provincia en dos pequeñas áreas a lo largo del extremo este. Los acuíferos consisten de diabasas, andesitas y sedimentos volcánicos de la Formación de Macuchi. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. La perforación posiblemente será difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa menos del 5 por ciento de la provincia en un área a lo largo de su extremo este. Los acuíferos consisten de rocas intrusivas compuestas de granitos y granodiorita, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Pozos exitosos pueden depender del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos. Estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos debido a su potencial de baja producción. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas de profundidades menores a 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Guayas

a. Generalidades. Guayas alberga alrededor del 26 por ciento del total de la población del Ecuador y 60 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Guayaquil. La población de la provincia en 1990 era de 2,515,146. La provincia de Guayas está ubicada en la sección suroeste del Ecuador. Guayas tiene un área de terreno de 20,902 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 8 por ciento de la totalidad del territorio del país.

b. Agua de Superficial. Las unidades de mapa 1, 2, 3 y 4 están representadas dentro de la provincia de Guayas. La unidad de mapa 1 ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia. Está en el valle del río Chimbo y en las marismas interfluviales y en las planicies de inundación del río Daule, río Chimbo y río Babahoyo. Es también representativa de varios arroyos que fluyen al oeste en el Golfo de Guayaquil. En esta unidad de mapa, el agua dulce es perennemente abundante. Guayaquil se ubica en esta área. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia. Representa las áreas afuera de, pero adyacentes al río Daule y los valles interfluviales del río Babahoyo. Aquí el agua dulce es estacionalmente abundantemente en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a mayo, con caudales que disminuyen durante el resto del año. La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia, generalmente en la árida parte oeste, desde la cadena montañosa de los Cerros de Colonche, hasta la costa y en las tierras altas de Isla Puna. En esta unidad de mapa, agua dulce a salobre está estacionalmente disponible en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero hasta abril. Los arroyos están generalmente secos durante el resto del año. La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia. Representa una zona de estuarios de mareas abarcando el delta del río Guayas bajo la confluencia del río Babahoyo y del río Daule, donde agua dulce es escasa o inexistente. Agua salobre a salina está perennemente disponible en esta área debido al ingreso de agua de mar que se mezcla con los caudales de los arroyos.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4, 5, y 6 están representadas dentro de la provincia de Guayas. Los pozos en la provincia tienen producciones que varían desde los 60 a los 7,920 litros por minuto (alrededor de 16 a 2,100 galones por minuto). Los valores de TSD en la provincia pueden ser tan bajos como 60 miligramos por litro y tan altos como 6,000 miligramos por litro. A lo largo de la costa, grandes plantaciones de bananas son los principales usuarios del agua subterránea. En estas áreas, los acuíferos son de muy poca profundidad y de fácil acceso.

La unidad de mapa 1 es el área más favorable para pozos y con agua dulce generalmente abundante. Esta ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia en la parte este. Generalmente los acuíferos son aluviales y consisten de arenas y gravas con menores cantidades en cienos, arcillas, areniscas, y conglomerados. Estos acuíferos son no confinados y confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. La Formación de Pichilingue en esta unidad de mapa consiste de terraplenares y sedimentos de ríos. Los valores de TSD oscilan entre los 158 y 400 miligramos por litro. La Formación Cuaternaria No Diferenciada en esta unidad de mapa consiste de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Los pozos en esta formación tienen producciones entre 60 y 7,920 litros por minuto. Los valores de TSD oscilan entre 165 y 890 miligramos por litro. Muchos pozos están dentro de esta unidad de mapa. La exploración de pozos es recomendada debido al potencial de alta producción y a la buena calidad del agua.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia y está generalmente localizada dentro de la Península de Santa Elena. Los acuíferos consisten de areniscas y conglomerados con menores cantidades en tufas, arcillas, rocas de lodo y calizas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. En la Península de Santa Elena, la producción promedio de los pozos es de 180 litros por minuto, con un promedio del valor de TSD de 3,000 miligramos por litro. En la Península de Santa Elena, la profundidad media de los pozos es 50 metros y el promedio de profundidad al agua es 10 metros. Las Formaciones del Zapotal, Progreso, Tablazos, y Complejo Olistostrómico están dentro de esta unidad de mapa. La Formación Zapotal en el área de Daular tiene un espesor de 1,000 metros y consiste de areniscas, conglomerados y arcillas. Los valores de TSD oscilan desde los 340 a 782 miligramos por litro. La Formación Progreso consiste de arcillas, areniscas conglomerados y lutitas. Un pozo en esta formación tiene una producción de 60 litros por minuto (alrededor de 16 galones por minuto). En las áreas de San Juan y Progreso, la Formación de Progreso oscila desde 400 a 1,300 metros de espesor. La Formación de Tablazos consiste en areniscas, conglomerados y bancos calcáreos. Los pozos en esta formación tienen producciones de 60 a 840 litros por minuto (alrededor de 16 a 220 galones por minuto). Los valores de TSD en las Formaciones de Progreso y Tablazos oscilan entre 3,500 y 3,800 miligramos por litro. La Formación de Complejo Olistostrómico consiste de piedras de alocton, areniscas, lutitas, calizas y horstenos. Un pozo en esta formación tiene una producción de 60 litros por minuto. Los valores de TSD oscilan entre 656 y 6,000 miligramos por litro. La producción de pozos cerca del río verde oscila desde los 70 a los 757 litros por minuto, con valores de TSD de 256 a 1,730 miligramos por litro. Un pozo cerca de Pedro Carbo produce 780 litros por minuto. En las áreas de San Juan y Progreso, los pozos tienen producciones de 284 a 379 litros por minuto. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en la parte oeste. Los acuíferos consisten de rocas de cieno, lutitas, areniscas, conglomerados, arcillas, lajillas, brequias, piedras piroclásticas y diabasas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas, con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores a los 60 metros. La perforación sería probablemente difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de las fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia y está en una pequeña área en el centro de la Península Santa Elena. Los acuíferos consisten de lutitas, rocas calcáreas de cieno y arcillas de la Formación de Dos Bocas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de éxito en la exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción. Estas áreas son las menos deseadas para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de esta unidad de mapa, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores a los 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 6 ocupa menos del 15 por ciento de la provincia y está ubicada a lo largo de la costa del Golfo de Guayaquil y en los tramos bajos del río Guayas. Los acuíferos consisten de sedimentos Cuaternarios de piedras clásticas no consolidadas. Generalmente tienen alta permeabilidad, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua salobre a salina. El agua dulce es escasa o inexistente. Guayaquil y la principal comunidad portuaria de Puerto Nuevo están dentro de esta unidad de mapa. La Formación Cuaternaria No Diferenciada de este acuífero tiene producciones que van desde 240 a 1,560 litros por minuto (alrededor de 60 a 400 galones por minuto). Los valores de TSD oscilan entre 240 y 3,500 miligramos por litro. Debido al potencial de poca calidad del agua, la exploración de pozos no es recomendada.

El Oro

a. Generalidades. El Oro alberga alrededor del 4 por ciento del total de la población del Ecuador; alrededor del 35 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Machala. La población de la provincia en 1990 era 412,572 habitantes. La provincia de El Oro está en la sección suroeste del Ecuador. El Oro tiene un área de superficie de 5,988 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 2 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Desde 1994 a 1997 una persistente sequía drásticamente ha disminuido la duración de la descarga y del caudal en muchos arroyos intermitentes en la región de las

Montañas de los Andes. La unidad de mapa 1, 2 y 4 están representadas dentro de la provincia de El Oro. La unidad de mapa 1 ocupa menos del 10 por ciento de la provincia y es representativa de varios importantes arroyos que fluyen hacia el oeste hacia el Golfo de Guayaquil. Proveniente de estos arroyos, el agua dulce es perennemente abundante. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 85 por ciento de la provincia Representa áreas donde el agua es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente desde enero hasta mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de Los Andes. La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia en las planicies de marea en los alrededores de la boca del río Jubones, junto con las tierras costeras bajas y las islas mar adentro al sur y al oeste de la boca. En esta unidad de mapa, el agua es escasa o inexistente, pero el agua salobre a salina está perennemente disponible debido al ingreso del agua de mar que se mezcla con el flujo del arroyo. El Puerto Bolívar, un puerto navegable, está localizado en la unidad de mapa 4.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 4, 5 y 6 están representadas dentro de la provincia de El Oro. Los pozos en la provincia tienen producciones que varían desde 184 a 1,500 litros por minuto (alrededor de 16 a 2,100 galones por minuto). Los valores de TSD de la provincia pueden ser tan bajos como 60 miligramos por litro y tan altos como 7,600 miligramos por litro. A lo largo de la costa, las grandes plantaciones de bananos son importantes usuarios del agua subterránea. En estas áreas, los acuíferos son de poca profundidad y de fácil acceso. Alrededor del 70 por ciento de la provincia se ubica igualitariamente dentro de la unidad de mapa 4 y 5. La unidad de mapa 4 tiene agua dulce abundante localmente, mientras que la unidad 5 tiene agua dulce escasa o inexistente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia en la parte oeste. Los acuíferos son aluviales, consistentes de arenas y gravas con menores cantidades en cienos, arcillas, areniscas y conglomerados. Estos acuíferos son confinados y no confinados con una permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Machala, la capital de la provincia, está dentro de esta unidad de mapa. Los pozos son generalmente de poca profundidad (15 a 20 metros); sin embargo debido a la sequía de 1994 a 1997, estos pozos se han secado. El agua está disponible en acuíferos profundos de 100 a 200 metros, pero debido a la falta de equipo y de financiamiento, estos acuíferos no han sido explotados. En esta unidad de mapa, la Formación Cuaternaria No Diferenciada consiste de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Los pozos en esta formación tienen una producción entre 600 y 1,500 litros por minuto (alrededor de 158 a 395 galones por minuto). Los valores de TSD oscilan entre 184 y 800 miligramos por litro. Muchos pozos han sido perforados en esta unidad de mapa. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, se recomienda más aún la exploración de pozos.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia en la parte este. Los acuíferos consisten de lavas, piedras piroclásticas, aglomerados, diabasas, andesitas y sedimentos volcánicos. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas, con permeabilidad baja a media a profundidades menores a 60 metros. La perforación posiblemente sería difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar fracturas deberían incrementar la posibilidad del éxito en la exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 35 por ciento de la provincia en las elevaciones más altas. Los acuíferos consisten de piedras intrusivas que consisten de granitos y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen cualidades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar las posibilidades de una exitosa exploración de pozos. Estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos debido a su bajo potencial de producción. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 6 ocupa menos del 10 por ciento de la provincia y está ubicada a lo largo de la costa del Golfo de Guayaquil. Los acuíferos consisten de sedimentos Cuaternarios de piedras clásticas no consolidadas. Generalmente tienen alta permeabilidad, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua salobre a salina. El agua dulce es escasa o inexistente en la unidad de mapa 6. La Formación Cuaternaria No Diferenciada de este acuífero tiene valores de TSD que oscilan entre 334 y 7,600 miligramos por litro. Debido al potencial del agua de poca calidad, la exploración de pozos no es recomendada en esta área.

Loja

a. Generalidades. Loja tiene alrededor del 4 por ciento del total de la población del Ecuador; alrededor del 25 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Loja. La población de la provincia en 1990 era de 384,698 habitantes. La provincia de Loja está en la sección sur-central del Ecuador, limitando con Perú. Loja tiene un área de superficie de terreno de 10,793 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 4 por ciento del total de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. Desde 1994 a 1997 una sequía persistente drásticamente disminuyó la duración del flujo y descarga en muchos de los arroyos intermitentes en la región de las montañas de los Andes. Las unidades de mapa 1, 2 y 3 están representadas dentro de la provincia de Loja. La unidad de mapa 1 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia, lo que representa varios arroyos importantes que fluyen al oeste entrando a Perú. El agua dulce es perennemente abundante en estos arroyos. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 80 por ciento de la provincia. Cubre la mayoría de la masa territorial en la provincia y representa áreas donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente desde enero a mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de los Andes. Los caudales disminuyen el resto del año. La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia. Generalmente desde enero a abril, varias zonas aisladas en la parte sur de esta provincia tienen agua dulce a salobre estacionalmente disponible. Sin embargo, la prolongada sequía drásticamente ha disminuido el escurrimiento o ha secado muchos de los pequeños arroyos intermitentes.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Loja. Las vertientes en la provincia tienen valores de TSD entre 5 y 435 miligramos por litro. Los pozos en la provincia son generalmente poco profundos (15 a 20 metros); sin embargo, debido a la sequía de 1994 a 1997, estos pozos se han secado. El agua está disponible en acuíferos profundos de 100 a 200 metros de profundidad, pero debido a la falta de equipo y de financiamiento, estos acuíferos no han sido explotados. Vegetación densa y pronunciadas laderas pueden limitar el acceso a muchas áreas. Alrededor del 70 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4 donde el agua dulce es localmente abundante.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia en una pequeña área al extremo noreste. Los acuíferos están en la Formación de Tarqui y consisten de tufas, aglomerados riolíticos y andesitas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 60 y 360 miligramos por litro. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 70 por ciento de la provincia y es recurrente a través de todo el lugar. Los acuíferos consisten de lavas, piedras piroclásticas, aglomerados, roca terrosa gris-parda, lutitas, conglomerados y andesitas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce proveniente de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores a los 60 metros. En la unidad de mapa 4, la Formación de Zapotillo consiste de roca terrosa gris-parda, lutitas negras y conglomerados. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 240 y 435 miligramos por litro. La Formación Célica en la unidad de mapa 4 consiste de masivas andesitas verdes. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 5 y 380 miligramos por litro. La perforación posiblemente sería difícil en la dura roca volcánica. Pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían mejorar la posibilidad del éxito en la exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia en el extremo este y en dos pequeñas ubicaciones en el norte y en el sur. Los acuíferos consisten de piedras intrusivas que están formadas de granitos y granodioritas; algunas áreas en la Formación de Zamora consisten de esquistos, cuarzitas y gneises, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Loja, la capital de la provincia, está dentro de esta área. Estos acuíferos tienen cualidades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar fracturas deberían incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido al poco potencial de producción, estas áreas son las menos deseadas para futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Zamora-Chinchipe

a. Generalidades. Zamora-Chinchipe alberga a menos del 1 por ciento del total de la población del Ecuador, con la ciudad capital provincial siendo Zamora. La población de la provincia en 1990 era de 66,167 habitantes. La provincia de Zamora-Chinchipe está en el extremo sureste del Ecuador. Zamora-Chinchipe tiene un área de superficie territorial de 20,240 kilómetros cuadrados y ocupa casi el 7 por ciento del total de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Zamora-Chinchipe. La unidad de mapa 1 que ocupa los valles del río Chinchipe y el río Zamora, cubre alrededor del 30 por de la provincia y donde el agua dulce es perennemente abundante. La unidad de mapa 2 cubre alrededor del 70 por ciento de la provincia. Representa las áreas afuera de estos dos valles de los ríos y donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente desde marzo a junio y de septiembre a noviembre. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. La unidad de mapa 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Zamora-Chinchipe. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso a muchas áreas. Alrededor del 80 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 5, donde el agua dulce es escasa o inexistente.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia en una pequeña área en el extremo norte. Los acuíferos están en la Formación de Tarqui y consisten de tufas, aglomerados riolíticos y andesitas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 15 por ciento de la provincia dispersa en el lado este. Típicamente los acuíferos consisten de areniscas, lutitas, calizas y menores cantidades de sedimentos piroclásticos, cuarzitas, tufas, lajillas y arcillas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad baja a media a profundidades menores a los 60 metros. La perforación probablemente sería difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas deberían incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 80 por ciento de la provincia por todas las zonas de mayor elevación. La mayoría de los acuíferos están en la Formación de Zamora y consisten de esquistos, cuarzitas y gneises. Otros acuíferos en áreas de rocas intrusivas consisten de granitos y granodoritos, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Zamora, la capital de la provincia, está dentro de esta área. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido al bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Azuay

a. Generalidades. Azuay alberga alrededor del 5 por ciento de la población del Ecuador; alrededor del 39 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Cuenca. La población de la provincia en 1990 era de 506,090. La provincia de Azuay está en la sección sur-central del Ecuador. Azuay tiene un área de superficie de territorio de 8,639 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 3 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Azuay. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es perennemente abundante, ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en la cuenca del río Paute, lo que origina una serie de lagos de cráteres al oeste de Cuenca, pero por otro lado esto tiene poca representación en Azuay. La planta hidroeléctrica Amaluza está ubicada en esta provincia en el río Paute. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 90 por ciento de la provincia. Representa las áreas donde el agua dulce se encuentra estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de los Andes. Los caudales disminuyen durante el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Azuay. Vertientes en esta provincia tienen valores de TSD que oscilan entre 135 y 675 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso a muchas áreas. Alrededor del 60 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 3, donde en agua dulce es localmente abundante.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 5 por ciento de la provincia a lo largo del límite oeste. Los acuíferos son aluviales en la Formación Cuaternaria No Diferenciada, consistentes de arena, areniscas, arcillas y conglomerados. Estos acuíferos son confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. La exploración de pozos es recomendada en la unidad de mapa 1 debido al potencial de alta producción y la buena calidad del agua.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 60 por ciento en la parte central de la provincia. Los acuíferos típicamente consisten de lutitas, areniscas, conglomerados y sedimentos volcánicos. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad media a baja, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. Existen muchas vertientes en esta área. Cuenca, la capital de la provincia, está dentro de esta área a lo largo del río Paute. La unidad de mapa 3 produce de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce localmente. La Formación Tarqui en la unidad de mapa 3 consiste de tufas y aglomerados riolíticos en andesitas. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre los 135 y 675 miligramos por litro. La Formación de Moraspamba en la unidad de mapa 3 consiste de lutitas intercaladas y areniscas con conglomerados. Esta Formación tiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre los 320 y 390 miligramos por litro. El Grupo de Formación de Ayancay en esta área consiste de areniscas alternadas, conglomerados y arcillas. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 350 y 420 miligramos por litro. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia y se presenta en las elevaciones bajas a lo largo del límite oeste. Los acuíferos típicamente consisten en sedimentos volcánicos, aglomerados, flujos de lava, diabasas y andesitas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce desde zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores a los 60 metros. La Formación de Macuchi en la unidad de mapa 4 consiste en diabasas y andesitas con sedimentos volcánicos. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 370 y 420 miligramos por litro. La perforación probablemente sería difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para localizar zonas de fracturas deberían incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en la parte noreste. Los acuíferos consisten de andesitas, filitas, esquistos, granitas y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas pobres y casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido al bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseadas para futuras exploraciones de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Canar

a. Generalidades. Canar alberga al 2 por ciento del total de la población del Ecuador y su capital provincial es Azogues. La población de la provincia en 1990 era de 189,347 habitantes. La provincia de Canar está en la sección sur-central del Ecuador y tiene una superficie de área territorial de 3,516 kilómetros cuadrados, lo que es alrededor del 1 por ciento del total de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. La unidad de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Canar. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce se encuentra perennemente abundante, ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia. Esta es representativa de varios arroyos de importancia y la que resalta es el río Canar, que fluye hacia el oeste desde las montañas de los Andes. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 90 por ciento de la provincia y representa áreas donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de los Andes. Los caudales disminuyen el resto del año. Existen dos represas en el río Machangara en la unidad de mapa 2, la Lallrago y la Chanlud.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Canar. La densa vegetación y las pronunciadas laderas puede que limiten el acceso a muchas áreas. Alrededor del 40 por ciento de la provincia se encuentra dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce es localmente abundante.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia a lo largo del límite oeste. Los acuíferos son aluviales en la Formación Cuaternaria No Diferenciada y consisten de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a lata, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es recomendada en esta área.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia en la parte central. Los acuíferos de sedimentos clásticos no consolidados y consolidados típicamente consisten en lutitas, areniscas, conglomerados y sedimentos volcánicos. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad media a baja, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. Muchas vertientes están en esta unidad de mapa. Azogues, la capital de la provincia y la comunidad de Canar están dentro de esta unidad de mapa, la que produce de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce localmente. La Formación de Tarqui en la unidad de mapa 3 consiste de tufas y aglomerados riolíticos en andesita. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 275 y 350 miligramos por litro. La Formación Cuaternaria No Diferenciada en la unidad de mapa 3 consiste de arenas, arcillas y cienos. Los valores de TSD oscilan entre 290 y 380 miligramos por litro. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

En el este y en el oeste, la unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia. Los acuíferos consisten típicamente de sedimentos volcánicos, aglomerados, diabasas y andesitas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores de 60 metros. La perforación posiblemente sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos dependerán del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

A lo largo del límite este, la unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia. Los acuíferos típicamente consisten de andesitas, filias, esquistos, granitos y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido al poco potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Chimborazo

a. Generalidades. Chimborazo alberga alrededor del 4 por ciento del total de la población del Ecuador y alrededor del 26 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Riobamba. En 1990, la población de la provincia era de 364,682 habitantes. La provincia de Chimborazo está en la sección central del Ecuador y tiene una superficie de área territorial de

5,637 kilómetros cuadrados, ocupando alrededor del 2 por ciento de la totalidad de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Chimborazo. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es perennemente abundante, ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia, primariamente en el cañón del río Cebadas, el cual drena en dirección al norte entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 90 por ciento de la provincia. Representa áreas donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente de octubre a junio, con caudales disminuyendo el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Chimborazo. Las vertientes y los pozos tienen valores de TSD que oscilan entre 60 y 1,425 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso en muchas áreas. Alrededor del 60 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce es localmente abundante.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia y esta dispersa en pequeñas áreas. Los acuíferos de sedimentos clásticos no consolidados y consolidados típicamente consisten de andesitas, aglomerados y sedimentos volcánicos. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. Riobamba, la capital de la provincia esta dentro de esta área. En la unidad de mapa 3, la Formación de Cangahua consiste de sedimentos volcánicos. Los pozos en esta formación tienen producciones de 60 a 900 litros por minuto (alrededor de 16 a 240 galones por minuto). Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 223 y 345 miligramos por litro. Dentro de la unidad de mapa 3 la mayoría de las áreas son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia con presencia generalizada. Los acuíferos típicamente consisten de sedimentos volcánicos. Ellos producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades de menos de 60 metros. En la unidad de mapa 4, la Formación de Macuchi consiste de diabasas y andesitas con sedimentos volcánicos. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 135 y 1,425 miligramos por litro. En la unidad de mapa 4, la Formación de Sicalpa consiste de aglomerados y lavas piroclásticas-andesíticas. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 340 y 740 miligramos por litro. Sedimentos volcánicos recientes en la unidad de mapa 4 consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y ceniza. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 96 y 950 miligramos por litro. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 15 por ciento de la provincia en un área alargada en la parte sureste. Los acuíferos están dentro del Grupo de Formación Paute y consiste de andesitas, filitas y esquistos, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Dos vertientes en este acuífero tienen valores de TSD de 125 a 270 miligramos por litro. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. La detección remota para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido al poco potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Bolívar

a. Generalidades. Bolívar alberga alrededor del 2 por ciento del total de la población del Ecuador. Su capital provincial es Guaranda y la población de la provincia en 1990 era de 155,088 habitantes. La provincia de Bolívar está en la sección central del Ecuador y tiene un área de superficie territorial de 3,254 kilómetros cuadrados, esta ocupa alrededor del 1 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. La unidad de mapa 1 y 2 están representados dentro de la provincia de Bolívar. La unidad de mapa 1, donde el agua es perennemente abundante, ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia. Está en un área pequeña en la parte noroeste de la provincia cerca de la cabecera del río Zapotal y representa al río Chimbo en la parte sur de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 90 por ciento de la provincia. Representa áreas donde el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de los Andes. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Bolívar. Las vertientes tienen valores de TSD que oscilan entre 64 y 340 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas puede que limiten el acceso a muchas áreas. Alrededor del 70 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce está localmente disponible.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en una pequeña área en el centro. Los acuíferos de esta área son de la Formación de Cangahua y consisten de sedimentos volcánicos. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. Guaranda, la capital de la provincia, se encuentra dentro de esta unidad de mapa. Esta área contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 184 y 223 miligramos por litro. Un pozo tiene una producción de 300 litros por minuto con valores de TSD de 240 miligramos por litro. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 70 por ciento de la provincia con presencia generalizada. Los acuíferos típicamente consisten de sedimentos volcánicos, piedras metamórficas y algunas piedras sedimentarias. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua fresca proveniente de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores de 60 metros. La Formación Macuchi en la unidad de mapa 4 consiste de diabasas y andesitas con sedimentos volcánicos. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 64 y 206 miligramos por litro. Sedimentos volcánicos recientes en la unidad de mapa consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y ceniza. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 86 y 340 miligramos por litro. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa casi el 20 por ciento de la provincia y ocurre en pequeñas áreas dispersas por doquier. Los acuíferos consisten de granitos y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Tungurahua

a. Generalidades. Tungurahua alberga al 4 por ciento del total de la población del Ecuador y alrededor del 34 por ciento de esta población reside en la capital provincial de Ambato. En 1990 la población de la provincia era de 361,980 habitantes. La provincia de Tungurahua está en la sección central del Ecuador y tiene un área de superficie territorial de 2,896 kilómetros cuadrados. Esta ocupa alrededor del 1 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Tungurahua. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es perennemente abundante, ocupa alrededor del 25 por ciento de la provincia. La unidad de mapa 1 se presenta en los valles de montañas de los ríos Ambato, Cebadas, Cutuchi y Pastaza. La planta hidroeléctrica de Agoyan está localizada en el río Pastaza en esta provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 75 por ciento de la provincia y representa las áreas fuera de las bocas de los principales ríos. Aquí el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos. El agua dulce está generalmente disponible desde octubre hasta junio a lo largo de la ladera oeste de la Cordillera Oriental y de marzo a junio y septiembre a noviembre a lo largo de las laderas este de la Cordillera Oriental. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Tungurahua. Algunas vertientes en la provincia tienen valores de TSD entre 86 y 585 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso a muchas áreas. Alrededor del 40 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4 donde el agua dulce es localmente abundante.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia en la mitad oeste. Los acuíferos de esta área pertenecen a la Formación de Cangahua y consisten de sedimentos volcánicos. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. El promedio de producción de los pozos es 600 litros por minuto con un promedio del valor de TSD de 500 miligramos por minuto. La profundidad promedio de los pozos es 70 metros y el promedio de profundidad al agua es 25 metros. Ambato, la capital de la provincia, está dentro de esta área. Un pozo tiene una producción de 300 litros por minuto. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia con presencia por doquier. Los acuíferos típicamente consisten de sedimentos volcánicos. Estos producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce proveniente de zonas de fracturas localizadas con permeabilidad muy baja a media a profundidades menores de 60 metros. Sedimentos volcánicos recientes en la unidad de mapa 4 consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y cenizas. Esta formación contiene vertientes con valores de TSD que oscilan entre 86 y 585 miligramos por litro. La Formación de Pisayambo consiste de lavas de sedimentos piroclásticos con aglomerados. Una vertiente en está formación tiene un valor de TSD de 20 miligramos por litro. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia a lo largo del extremo este. Los acuíferos consisten de esquistos, cuarzitas y filitas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Cotopaxi

a. Generalidades. Cotopaxi alberga alrededor del 3 por ciento de la población total del Ecuador. Su capital provincial es Latacunga. La población de la provincia en 1990 era de 276,324 habitantes. La provincia de Cotopaxi está en la sección central del Ecuador y tiene una superficie de área territorial de 5,287 kilómetros cuadrados. Esta ocupa alrededor del 2 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. La unidad de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Cotopaxi. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es abundante perennemente, ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia en los valles de montañas de los ríos Cutuchi y Toachi. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 80 por ciento de la provincia. Representa las áreas afuera de estos valles de ríos donde el agua dulce es abundante estacionalmente en la mayoría de los arroyos, generalmente de enero a mayo en la región de las planicies costeras y de octubre a junio en la región de las montañas de los Andes. Los caudales disminuyen el resto del año. La planta hidroeléctrica de Pisayambo está localizada en el río en esta provincia.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Cotopaxi. Pozos y vertientes tienen valores de TSD entre 28 y 1,456 miligramos por litro. La vegetación densa y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso a muchas áreas. Alrededor del 60 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce es abundante localmente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia cerca de su límite oeste. Los acuíferos son aluviales y consisten de arenas, arcillas y cieno. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Los valores de TSD oscilan entre 79 y 135 miligramos por litro. Debido al gran potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es recomendada en esta área.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia y esta en los valles de montañas de los ríos Cutuchi y Toachi. Los acuíferos consisten de piedras volcánicas recientes con menor cantidad de arena, arcillas y cieno. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La Formación de Cangahua en la unidad de mapa 3, consiste de piedras volcánicas. El promedio de producción de pozos es de 600 litros por minuto. Los pozos en esta formación tienen valores de TSD que oscilan entre 435 y 1,456 miligramos por litro, con un promedio del valor de TSD de 500 miligramos por litro. El promedio de profundidad de pozos es de 70 metros y el promedio de profundidad al agua es de 25 metros. Latacunga, la capital de la provincia, está dentro de esta área. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia. Los acuíferos consisten de lavas, sedimentos piroclásticos con aglomerados, diabasas, andesitas y sedimentos volcánicos. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce proveniente de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. La Formación de Macuchi en la unidad de mapa 4 consiste de diabasas y andesitas con sedimentos volcánicos. Esta formación contiene valores de TSD provenientes de vertientes que oscilan entre 28 y

435 miligramos por litro. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia, en una pequeña área a lo largo del límite sur. Los acuíferos consisten de granito y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Imbabura

a. Generalidades. Imbabura alberga alrededor del 3 por ciento del total de la población del Ecuador. La capital provincial es Ibarra. La población de la provincia en 1990 era de 265,499 habitantes. Imbabura está en la sección nor-central del Ecuador con un área de superficie territorial de 4,986 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 2 por ciento del total de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Imbabura. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es abundante perennemente, ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia y representa a varios arroyos de importancia que abarcan las cuencas del río Mira y del río Guayllabamba. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 70 por ciento de la provincia. Representa las áreas fuera de estas cuencas, donde el agua dulce es abundante estacionalmente en la mayoría de los arroyos, generalmente de octubre a junio. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Imbabura. Los valores de TSD son entre 60 y 1,650 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso en muchas áreas. Acerca del 60 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4 donde el agua es abundante localmente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 5 por ciento de la provincia en la parte oeste. Los acuíferos son aluviales consistentes de lagares, fanglomerados y flujos de lodo. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, se recomienda la exploración de pozos en esta área.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia con ocurrencia en unas pocas áreas dispersas. Los acuíferos consisten de piedras volcánicas recientes con menores cantidades de arenas, arcillas y cieno. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad baja a media, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La Formación de Cangahua en la unidad de mapa 3 consiste de piedras volcánicas. Los pozos en esta formación tienen valores de TSD que oscilan entre 60 y 1,650 miligramos por litro. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia con presencia generalizada. La capital provincial de Ibarra se ubica dentro de esta unidad de mapa. Los acuíferos consisten de lavas, sedimentos piroclásticos con aglomerados, diabasas, andesitas, brequias y ceniza. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Sedimentos volcánicos recientes en la unidad de mapa 4 consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y ceniza. Dos pozos en esta formación tienen valores de TSD de 315 y 585 miligramos por litro. La perforación posiblemente sería difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 15 por ciento de la provincia con presencia en unas pocas áreas dispersas. Los acuíferos consisten de granitos y granodioritas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Carchi

a. Generalidades. Carchi alberga alrededor del 2 por ciento del total de la población del Ecuador. La capital provincial es Tulcan. La población de la provincia en 1990 era de 141,482 habitantes. La provincia de Carchi que está en la sección nor-central del Ecuador limitando con Colombia. Tiene una superficie de área territorial de 3,699 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 1 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es abundante perennemente, ocupa alrededor del 95 por ciento de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 5 por ciento de la provincia en una pequeña franja a lo largo de la línea de la cadena de la Cordillera Oriental, la que forma el límite este con la provincia de Sucumbios. Al oeste de la línea de la cadena, el agua dulce es abundante estacionalmente, generalmente de octubre hasta junio, con los caudales disminuyendo el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 3, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Carchi. Los pozos en la provincia tienen valores de TSD entre 24 y 533 miligramos por litro. La densa vegetación y las pronunciadas laderas pueden limitar el acceso en muchas áreas. Alrededor del 80 por ciento de la provincia se encuentra dentro de la unidad de mapa 4, donde el agua dulce es abundante localmente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 5 por ciento de la provincia en el extremo noroeste. Los acuíferos son aluviales y consisten de lahares, fanglomerados, y flujos de lodo. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Debido al alto potencial de producción y a la buena calidad del agua, la exploración de pozos en esta área es recomendada.

La unidad de mapa 3 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia con presencia en dos pequeñas áreas en la parte este. Los acuíferos consisten de sedimentos volcánicos y depósitos de glaciar. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad media a baja, produciendo de pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce. La Formación de Cangahua en la unidad de mapa 3 consiste de sedimentos volcánicos. Los pozos en esta formación tienen valores de TSD que oscilan entre 24 y 533 miligramos por litro. Tulcan, la capital de la provincia, está dentro de esta área. La mayoría de las áreas dentro de la unidad de mapa 3 son adecuadas para los pozos tácticos y de bombas manuales.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 80 por ciento de la provincia. Los acuíferos consisten de lavas, andesitas, brequias y cenizas, produciendo de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores a los 60 metros. Los depósitos volcánicos recientes en la unidad de mapa 4 consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y cenizas. Dos pozos en esta formación tienen valores de TSD de 45 a 128 miligramos por litro. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa más del 5 por ciento de la provincia a lo largo del extremo este. Los acuíferos consisten de granitos, granodioritas, esquistos, cuarzita, filitas y gneises, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Sucumbios

a. Generalidades. Sucumbios alberga a menos del 1 por ciento del total de la población del Ecuador y su capital provincial es Nueva Loja. En 1990 la población de la provincia era de 76,952 habitantes. La provincia de Sucumbios está en la sección noreste del Ecuador. Esta tiene un área de superficie territorial de 18,150 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 7 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Sucumbios. La unidad de mapa 1, donde el agua dulce es abundante perennemente, ocupa alrededor del 95 por ciento de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa una pequeña franja a lo largo de la cadena de la Cordillera Oriental, lo que forma el límite oeste con la provincia de Carchi. Al oeste de la línea de la cadena, el agua dulce es abundante estacionalmente, generalmente de marzo a junio y de septiembre a noviembre. Los flujos disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 2, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Sucumbios. La falta de caminos y la densa vegetación limita el acceso a los recursos de agua. Alrededor del 50 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 2, donde el agua dulce es abundante.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 30 por ciento de la provincia. Está a lo largo del río Napo (banco norte), el río Aguarico, el río Cuyabeno, el río Putumayo y el río San Miguel. Los acuíferos son aluviales, consistentes de arenas, gravas y guijarro. Estos acuíferos están confinados y no confinados con una permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Nueva Loja la capital de la provincia, está dentro de esta unidad de mapa. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es recomendada en esta área.

La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 50 por ciento de la provincia con ocurrencia en la cuenca alta del río Amazona. Los acuíferos consisten de arcillas, areniscas, brequias y conglomerados, produciendo moderadas cantidades de agua dulce con grandes cantidades disponibles localmente. En la vecindad del lago Agrio, el agua subterránea puede estar contaminada debido a la producción de petróleo. La exploración de pozos es favorable en esta área debido al potencial de alta producción y la buena calidad de agua en general.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia con presencia en la parte oeste. Los acuíferos consisten de lutitas calcáreas, calizas y areniscas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia con ocurrencia a lo largo del límite oeste. Los acuíferos consisten de granitos, esquistos, cuarzitas, filitas y gneises, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Napo

a. Generalidades. Napo alberga alrededor del 1 por ciento del total de la población del Ecuador y su capital provincial es Tena. La población de la provincia en 1990 era de 103,387 habitantes. La provincia de Napo está en la sección este-central del Ecuador, tiene un área de superficie territorial de 35,280 kilómetros cuadrados y ocupa alrededor del 13 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Napo. La unidad de Mapa 1, donde el agua dulce es abundante perennemente, ocupa alrededor del 80 por ciento de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia en la mayoría de las tierras altas de la parte oeste. En esta unidad de mapa, el agua es abundante estacionalmente en la mayoría de los arroyos, generalmente desde marzo a junio y de septiembre a noviembre, a lo largo de los faldeos del este de la Cordillera Oriental. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. La unidad de mapa 1, 2, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Napo. La falta de caminos y la vegetación muy densa limita el acceso a los recursos de agua subterráneos. Alrededor del 60 por ciento de la provincia se encuentra en la unidad de mapa 2, donde el agua dulce es generalmente abundante.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 20 por ciento de la provincia. Esta a lo largo del río Napo, el río Tiputini y el río Conanco (banco norte). Los acuíferos son aluviales, consistentes de arenas, gravas y guijarros. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es recomendada en la unidad de mapa 1.

La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 60 por ciento de la provincia y esta en los tramos altos de la cuenca del río Amazonas. Los acuíferos consisten de arcillas, areniscas, brequias y conglomerados, produciendo moderadas cantidades de agua dulce, con grandes cantidades disponibles localmente. Los acuíferos tienen permeabilidad baja a media. Algunos acuíferos son no continuados localmente. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es favorable en esta área.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en la parte oeste a lo largo de las laderas del este de la cadena montañosa. Los acuíferos consisten de lutitas calcáreas, calizas, sedimentos volcánicos y areniscas. Ellos producen de pequeñas a muy pequeñas cantidades de agua fresca provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Tena, la capital de la provincia está dentro de esta unidad de mapa. La perforación en la dura piedra volcánica probablemente será difícil. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 10 por ciento de la provincia en las altas elevaciones de las partes oeste. Los acuíferos consisten de granitos, granodioritas, arcillas, conglomerados y areniscas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas o conglomerados y areniscas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Pastaza

a. Generalidades. Pastaza alberga a menos del 1 por ciento del total de la población del Ecuador y su capital provincial es Puyo. La población de la provincia en 1990 era de 41,811 habitantes. La provincia de Pastaza está en la sección este-central del Ecuador, y tiene un área de superficie territorial de 29,520 kilómetros cuadrados ocupando alrededor del 11 por ciento de la masa territorial total del país.

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Pastaza. La unidad de mapa 1, donde el agua es abundante perennemente, cubre casi la totalidad de la masa territorial dentro de la provincia. La unidad de mapa 2 ocupa una pequeña área en el extremo oeste de la provincia a lo largo de las laderas este de la Cordillera Oriental. Aquí el agua dulce es estacionalmente abundante en la mayoría de los arroyos, generalmente de marzo a junio y de septiembre a noviembre. Los caudales disminuyen el resto del año.

c Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 2, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Pastaza. La falta de caminos y la densa vegetación limitan el acceso a las fuentes de agua subterránea. Alrededor del 70 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 2, donde el agua dulce es generalmente abundante.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 20 por ciento de la provincia. A lo largo de los ríos Conanco (banco sur), Curaray, Pindoyaco, Conambo, Bobonaza y el río Pastaza (banco norte). Los acuíferos son aluviales, consistentes de arenas, gravas y guijarro. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. La comunidad de Montalvo, está dentro de esta unidad de mapa a lo largo del río Bobonaza. Debido al potencial de alta producción y buena calidad de agua, la exploración de pozos es recomendada en esta área.

La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 75 por ciento de la provincia, con presencia en los tramos altos de la cuenca del río Amazonas. Los acuíferos consisten de arcillas, areniscas, brequias y conglomerados produciendo moderadas cantidades de agua dulce y con grandes cantidades localmente disponibles. Las vertientes con producciones de 60 litros por minuto están cerca de Santa Clara. Puyo, la capital de la provincia, está dentro de esta área. Los pozos cerca de Puyo tienen valores de TSD que oscilan desde los 75 a 450 miligramos por litro. Debido al potencial de alta producción y buena calidad de agua, la exploración de pozos es favorable en esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 4 ocupa una muy pequeña área de la provincia con presencia en la parte oeste a lo largo de las laderas este de la Cordillera Oriental. Los acuíferos consisten de lutitas calcáreas, calizas, sedimentos volcánicos y areniscas. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce provenientes de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura roca volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa menos del 5 por ciento de la provincia en dos pequeñas áreas en las altas elevaciones de las partes oeste. Los acuíferos consisten de granitos, granodioritas, arcillas, conglomerados y areniscas, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas o conglomerados y areniscas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de fracturas debería mejorar las oportunidades de una exitosa perforación de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Morona-Santiago

a. Generalidades. Morona-Santiago alberga alrededor del 1 por ciento del total de la población del Ecuador. Su capital provincial es Macas. La población de la provincia en 1990 era de 84,216 habitantes. La provincia de Morona-Santiago esta en la sección sureste del Ecuador y tienen un área de superficie territorial de 29,140 kilómetros cuadrados ocupando alrededor del 11 por ciento de la totalidad de la masa territorial del país.*

b. Agua Superficial. Las unidades de mapa 1 y 2 están representadas dentro de la provincia de Morona-Santiago. La unidad de mapa 1, donde el agua es abundante perennemente, ocupa alrededor del 50 por ciento de la provincia con presencia generalizada. La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 50 por ciento de la provincia. Ocurre en la mayoría de las tierras altas en la parte oeste de la provincia. Aquí el agua dulce es abundante estacionalmente en la mayoría de los arroyos, generalmente desde marzo hasta agosto y de septiembre hasta noviembre a lo largo de las laderas este de la Cordillera Oriental. Los caudales disminuyen el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 1, 2, 4 y 5 están representadas dentro de la provincia de Morona-Santiago. Las vertientes y los pozos en la provincia tienen valores de TSD que oscilan entre 45 y 180 miligramos por litro. La falta de caminos y la vegetación muy densa limita el acceso a fuentes de agua subterránea. Alrededor del 40 por ciento de la provincia se ubica dentro de la unidad de mapa 4 donde el agua dulce es abundante localmente.

La unidad de mapa 1, el área más favorable para pozos, ocupa menos del 10 por ciento de la provincia, a lo largo de los ríos Pastaza (banco sur), Macuma, Cangaime y el río Santiago. Los acuíferos son aluviales, consistentes de arenas, gravas y guijarros. Estos acuíferos están

*Los cálculos de superficie de área están basados en la demanda del límite en disputa con Perú, lo que incluye el territorio al norte del meridiano 5º S y al oeste del río Maranon y el río Santiago.

confinados y no confinados con permeabilidad media a alta, produciendo de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Debido al potencial de alto rendimiento y la buena calidad de agua, al exploración de pozos en esta área es recomendada.

La unidad de mapa 2 ocupa alrededor del 20 por ciento de la provincia con presencia en los tramos altos de la cuenca del río Amazona en la parte de norte. Los acuíferos consisten de arcillas, areniscas, brequias y conglomerados, produciendo moderadas cantidades de agua dulce con grandes cantidades disponibles localmente. Vertientes con producciones de 60 litros por minuto están cerca de Macas. Una vertiente en está formación contiene un valor de TSD de 45 miligramos por litro. Debido al potencial de alta producción y buena calidad del agua, la exploración de pozos es favorable en esta área.

La unidad de mapa 4 ocupa alrededor del 40 por ciento de la provincia y está en la parte oeste de la provincia a lo largo de las laderas este de la cadena de montañas. Los acuíferos consisten de lutitas calcáreas, calizas, sedimentos volcánicos, arcillas, areniscas, lutitas, esquistos y quarzos. Producen de muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce proveniente de zonas de fracturas localizadas a profundidades menores de 60 metros. La Formación Grupo Limón en la unidad de mapa 4 consiste de arcillas, areniscas, lutitas, esquistos, calizas y cuarzos. Esta formación contiene vertientes y unos pocos pozos con valores de TSD que oscilan entre 53 y 180 miligramos por litro. Macas, la capital de la provincia, está dentro de está área. Posiblemente la perforación sería difícil en la dura piedra volcánica. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos.

La unidad de mapa 5 ocupa alrededor del 30 por ciento de la provincia y ocurre generalmente en la parte oeste con algunas áreas dispersas por doquier. Los acuíferos consisten de granitos, granodioritas, esquistos, quarzos, filitas y gneises, produciendo de exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce. Estos acuíferos tienen propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Los pozos exitosos pueden depender del encuentro de fracturas o conglomerados y areniscas en el hueco durante la perforación. Uso de sensores a control remoto para la localización de zonas de fracturas debería incrementar la posibilidad de una exitosa exploración de pozos. Debido a su bajo potencial de producción, estas áreas son las menos deseables para la futura exploración de pozos. Algunas áreas dentro de la unidad de mapa 5, generalmente a lo largo de las fracturas a profundidades menores de 60 metros, son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales.

Galápagos

a. Generalidades. Galápagos alberga a menos del 1 por ciento del total de la población del Ecuador. Su capital provincial es Puerto Baquerizo Moreno. La población de la provincia en 1990 era de 9,785 habitantes. La provincia de Galápagos consiste de un grupo de islas en el Océano Pacífico alrededor de 1,000 kilómetros al oeste del continente. Las Islas Galápagos tiene una superficie de área territorial de 8,060 kilómetros cuadrados y ocupan alrededor del 3 por ciento de la masa territorial del país.

b. Agua Superficial. La unidad de mapa 3 y 4 están representadas en las islas. La unidad de mapa 3, donde es más posible que las precipitaciones ocurran, ocupa áreas de cerros mayoritariamente en el interior de las islas a elevaciones mayores de 700 metros. En estas áreas altas, agua dulce a salobre esta disponible estacionalmente en forma de escurrimiento por tierra (canales de drenaje bien definidos son inexistentes) o provenientes de fuentes intermitentes y de captación. Usualmente el escurrimiento se infiltrará a la superficie del terreno antes de alcanzar las playas. Esto generalmente ocurre de enero hasta abril, con condiciones secas dominando el resto del año. La unidad de mapa 4, donde el agua dulce es escasa o inexistente debido a la falta de precipitaciones, mayoritariamente ocupa los perímetros de las islas a elevaciones menores de 700 metros. En estas áreas de ubicación baja, agua salobre a salina esta disponible estacionalmente de fuentes intermitentes y depresiones, generalmente desde enero hasta abril, con condiciones secas dominando el resto del año.

c. Agua Subterránea. Las unidades de mapa 4 y 6 están representadas dentro de las Islas Galápagos. La unidad de mapa 4 está en las elevaciones más altas de las islas con muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce disponible localmente proveniente de depósitos volcánicos.

La unidad de mapa 6 ocupa más del 80 por ciento de la provincia en las áreas costeras. Puerto Baquerizo Moreno, la capital de la provincia, está en esta área. De pequeñas a grandes cantidades de agua salobre a salina están disponibles de acuíferos aluviales y volcánicos. Un fino lente de agua dulce se ubica arriba del agua salobre/salina. Debe ejercitarse extremo cuidado durante la perforación de pozos en esta área. El hueco no debería extenderse por debajo del lente de agua dulce, ya que alcanzaría el agua salobre/salina que se ubica por debajo. El exceso de bombeo de pozos de agua dulce en esta área causará la intrusión de agua salada, esto arruina permanentemente el pozo. La intrusión del agua salada es un gran problema en esta área. Debido al potencial de agua de poca calidad, la exploración de pozos no es recomendada en esta área.

V. Recomendaciones

A. Generalidades

Casi todas las agencias de gobierno, compañías privadas e individuos que fueron entrevistados durante la visita al país expresaron su interés en asistencia y apoyo técnico. Ellos estaban muy conscientes de la necesidad de aumentar la planificación, desarrollo y administración de los recursos de agua. Lo siguiente refleja una combinación de las necesidades identificadas por el grupo de evaluación del “Cuerpo” y por los oficiales de gobierno Ecuatorianos.

B. Entrenamiento Técnico y Asistencia

Los oficiales Ecuatorianos de gobierno reconocen la necesidad de desarrollar más ampliamente sus capacidades técnicas en la determinación de las áreas más propensas a las inundaciones, desarrollando sistemas de advertencia de inundaciones, recogiendo y analizando la información de agua subterránea e implementando programas de administración de planicies de inundación. El Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos tiene varios programas de computación para la administración de recursos de agua. Estos programas son considerados internacionalmente como lo último en tecnología. Muchos ingenieros del Ecuador están al tanto del Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros (Hydrologic Engineering Center, HEC) en Davis, California y están familiarizados con varios de los programas de computación desarrollados por HEC. Quizás el mas conocido es el programa HEC-2 que es utilizado para calcular los perfiles del agua superficial. Además del programa HEC-2, otros programas HEC incluyen almacenamiento y administración de datos, regulación de represas, transporte de sedimentos, hidráulica de los ríos, hidrología estadística e hidrología de agua superficial.

El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos ha provisto de entrenamiento en la aplicación del programa HEC-2 a ingenieros de países Latinoamericanos. Los manuales para el usuario y los documentos relacionados han sido traducidos al Español. Oficiales del gobierno Ecuatoriano han indicado interés en obtener los programas, manuales y entrenamiento para sus ingenieros. Un entrenamiento apropiado es crítico para el éxito general del plan de administración de recursos de agua.

C. Administración de las Cuencas

Una preocupación constante de la mayoría de los oficiales del gobierno Ecuatoriano y expertos técnicos es el impacto de la deforestación en el medio ambiente y en los recursos de agua. El desarrollo de una planificación integral de la administración de las cuencas se necesita para contrarrestar estos impactos. La intención de la planificación de la administración de las cuencas es lograr una visión integral de los problemas de los recursos hídricos y de terreno dentro de las cuencas e identificar las oportunidades y las autoridades para expresar tales problemas. La planificación de las cuencas es un alcance sistemático para,

(1) evaluar usos alternativos de los recursos de agua y de tierra,

(2) identificar los conflictos y los costos entre usos en competencia, y

(3) realizar cambios por medio de decisiones basadas en información de datos.

La planificación debería incluir medidas de corto plazo (e.j., estabilización de la erosión, protección de puentes, sistemas de advertencia de inundaciones, sistemas de abastecimiento de agua pequeños, estaciones meteorológicas e hidrológicas); medidas interinas (e.j., acciones de control de inundación, programas de control de sedimentos, administración de planicies de inundación, pequeñas represas); y medidas a largo plazo (e.j., reforestación, contención para el control de las inundaciones, hidroenergía y abastecimiento de agua).

D. Embalses Superficiales Pequeños

En las áreas donde el desarrollo del agua subterránea no ha tenido éxito, la construcción de pequeños embalses para el abastecimiento del agua superficial debería ser considerada. El diseño de estos embalses no debería ser difícil y las técnicas de construcción deberían ser muy similares a las técnicas de construcción local. Los factores principales son la elección del sitio adecuado, determinar el tamaño para el entrancamiento y diseñar las estructuras de salida.

VI. Resumen

Aunque los recursos de agua superficial y subterránea en Ecuador son generalmente abundantes, estos no están distribuidos en forma pareja. La distribución dispareja de las precipitaciones es las razon principal de los problemas de abastecimiento de agua del país. Esta situación crea una gran competencia por los recursos que son limitados. El aumento de la competencia puede ser atribuido al crecimiento de la población y al desarrollo comercial, junto con los cambios en la hidrología de los ríos causadas por la deforestación, desertificación, sequía y al mal uso de la tierra a lo largo de las altas laderas de las Montañas de Los Andes. Además, la severa sequía en la provincia de Manabi y en la cuenca del río Paute son la causa de la escasez de electricidad en el país. La contaminación del agua causada por los desperdicios humanos, residuos de la agricultura y otros desperdicios sólidos son también un problema en todo Ecuador. Esta contaminación afecta la salud pública y tiene una influencia negativa en los recursos hidrológicos tales como ríos, lagos y agua subterránea. La creciente demanda y el impacto de la contaminación presenta desafíos a los administradores de los recursos de agua del Ecuador. En todas nuestras reuniones con los administradores, el reconocimiento de la tarea que está frente a ellos y los deseos de reaccionar a las situaciones fueron evidentes.

Las recomendaciones ofrecidas en este reporte en relación al entrenamiento técnico, la administración de las cuencas y los pequeños embalses de agua superficial, presentan oportunidades para mejorar la situación de los recursos de agua del Ecuador en un corto plazo. Sí son adoptadas, estas acciones pueden tener un impacto positivo a largo plazo. Muchos de los otros asuntos tratados en este reporte requieren de un compromiso institucional a largo plazo para que representen un cambio. Por último, la clave del éxito en la implementación de cualquier plan es la habilidad de trabajar en conjunto las variadas agencias de gobierno hacia el alcance de metas comunes.

Notas Finales

[1]George Thomas Kurian, Geo-Data, World Geographical Encyclopedia (Enciclopedia Geografica Mundial), Detroit, Michigan: Gale Research, 1989, pp. 126-129.

[2]Comunicación personal con el Ing. Marcelo Encalada T., Ing. Homero Castanier e Ing. Rebecca Cabezas, Proyecto de Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (FASBASE), Quito, Enero 1997.

[3]Entrevista con el Ing. Homero Castanier, FASBASE, Quito, 20 Enero1997.

[4]Entrevista con el Ing. Othon Zevallos, Director, Comisión Asesora Ambiental, Enero 1997.

[5]Comunicación personal con oficiales de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), Quito, Enero 1997.

[6]Comunicación personal con oficiales de la USAID, Enero 1997.

[7]Entrevista con los ingenieros del Consejo Nacional de Recursos Hídricos, Quito, Enero 1997.

[8]Donald D. Robadue, Jr. y Luis Arriaga, Programa de Administración de los Recursos Costeros del Ecuador, Kingston, Rhode Island: Universidad de Rhode Island, Centro de Recursos Costeros, 1993.

[9]Comunicación personal con la Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado, Quito, Enero 1997.

[10]Entrevista con los ingenieros de FASBASE, Quito, Enero 1997.

[11]Comunicación personal con los oficiales de USAID, Enero 1997.

Bibliografía

Estudios de Geografía, "El Agua en el Ecuador, Clima, Precipitación, Escorrentia." Vol. 7, Pierre Pourrut, editor, 1995.

International Commission on Large Dams (Comisión Internacional de Grandes Represas). *World Register of Dams (Registro Mundial de Represas)*. 1984.

Kurian, George Thomas. *Geo-Data, World Geographical Encyclopedia(Enciclopedia Geografica Mundial)*. Detroit, Michigan: Gale Research, 1989.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Regionalización Agraria, Ecuador. *Elementos Básicos para la Planificación de los Recursos Hídricos, Ecuador*. 1979.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Subsecretaria de Saneamiento Ambiental. *Requerimientos de Perforación de Pozos en el Ecuador*. Agosto 1993.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. *Plan Nacional de Recursos Hidráulicos de la República del Ecuador, Informe General*. 1989.

Nelson, Gomez E. *Atlas del Ecuador, Geografía y Economía, Mapas del Mundo*. Edición 3, Mayo 1994.

MAPAS:

Calidad de la Información Hidrología. Hoja No. 8, Mapa No. 8-2, escala 1:2,000,000, 1979.

Calidad de la Información Pluviometrica. Hoja No. 8, Mapa No. 8-1, escala 1:2,000,000, 1979.

Caudales Específicos de Estiaje DCC 30. Hoja No. 5, escala 1:1,000,000, 1979.

Déficit Hídrico Medio Anual (Necesidad Teórica del Riego). Hoja No. 9, escala 1:1,000,000, 1979.

Déficit Hídricos Medios Mensuales de la Costa y de la Sierra. Hoja No. 10, escala 1:4,000,000, 1979.

Escorrentia Media Anual: Periodo 1964-1982. escala 1:1,000,000, sin fecha.

Evapotranspiración Potencial Media Anual, Formula de Thornthwaite. Hoja No. 2, escala 1:1,000,000, 1979.

Evapotranspiración Real Media Anual, Método de Thornthwaite: 1964-1982. escala 1:1,000,000, sin fecha.

Isoyetas Medias Anuales e Histogramas Mensuales: Periodo 1964-1973. Hoja No. 1, escala 1:1,000,000, 1979.

Isoyetas Medias Anuales e Histogramas Mensuales: 1964-1982. escala 1:1,000,000, sin fecha.

Mapa Hidrogeologico Nacional. Hoja No. 6, escala 1:1,000,000, 1979.

Mapa Base de Ubicación de Estaciones Hidrometeorologicas, División de Sistemas Hidrográficos. escala 1:1,000,000, sin fecha.

Módulos Específicos Anuales. Hoja No. 4, escala 1:1,000,000, 1979.

Numero de Meses Secos, Hoja No. 11, escala 1:1,000,000, 1979.

Zonas Prioritarias Para la Investigación y Explotación de Aguas Subterráneas. Hoja No. 7, escala 1:1,000,000, 1979.

APENDICE A

EVALUACIÓN DE RECURSOS DE AGUA POR REGIONES

Ecuador

Preparado por:	Operaciones División Centro de Análisis de Topográfica del Ejército de los Estados Unidos, Alexandria, Virginia
Preparado para:	Distrito de Ingenieria del Ejército de los Estados Unidos, Mobile, Alabama Comando Sur de los Estados Unidos, Miami, Florida

Prefacio

Esta Evaluación de los Recursos de Agua por Regiones presenta un resumen de la información sobre recursos de agua de un país especifico o región. Estas evaluaciones son muy útiles para los planificadores de los recursos de agua ya que proporcionan un panorama general de los recursos de agua disponibles en un país o escala regional. La evaluación incluye dos temas - Recursos de Agua Superficial y Recursos de Agua Subterránea - con su respectivo texto, tablas y figuras. También incluye una bibliografía, un glosario y una lista de nombres de lugares. El texto presenta un resumen de los tópicos de recursos de agua, mientras que las tablas presentan una información mas detallada y cuantitativa. La información de las tablas está representada gráficamente como unidades de mapa en el gráfico de mapa. La tabla y el mapa deberán ser usados conjuntamente para entender el tema de lo recursos de agua.

El tema de los Recursos de Agua Superficial presenta las características del agua superficial como posibles fuentes de agua. La tabla para este tema detalla la calidad, cantidad y las características significativas de agua por estación en cada región del país y describe el acceso a estas fuentes potenciales de agua. El mapa gráfico divide el país en regiones de agua superficial, delineando lugares donde el agua dulce esta siempre disponible, disponible estacionalmente y escasa o no la hay. También se describen, si los hubiere, los lugares donde hay agua salobre y salina. También se pintan los límites de la región fisicográficos mayores y el arroyo seleccionado que dan en prenda las estaciones.

El tema de los Recursos de Agua Subterránea, describe la disponibilidad de agua subterránea como fuente de agua utilizable a través de toda el área de estudio. La tabla para ese tema detalla las características predominantes para cada región del país, tal como los nombres de los acuíferos, los nombres acuíferos, material de los acuíferos, espesor de los acuíferos, profundidad al agua, fuentes productoras y calidad del agua. La tabla también presenta información útil para la localización de terrenos, diseño y construcción de nuevos pozos. El mapa gráfico divide el país en regiones de agua subterránea de características similares. La ubicaciones de pozos individuales generalmente no se delinean debido escala pequeña del mapa.

Esta evaluación hecha para Ecuador apoya el programa de evaluación de recursos de agua del Distrito de Mobile del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos, y como tal, directamente apoya a la acción civica-humanitaria del programa de desarrollo del agua que lleva a cabo el Comando Sur de los Estados Unidos. La información que se suministra es la mas reciente disponible de fuentes publicadas en los Estados Unidos y de publicó y fuentes inédito en Ecuador a través de enero de 1997. El autor principal de esta evaluación es Paul E. Reed y Lisa M. Scott.

Solicitudes para Evaluaciones de los Recursos de Agua por Regiones u otra información relativa a recursos de agua deberán ser dirigidas al Centro Topográfico de Ingeniería de la Fuerza Armada de los Estados Unidos, Operaciones División, 7701 Telegraph Road, Alexandria, Va 22315-3864.

Contenido

Lista de Nombres de Lugares

Nombre del Lugar	Coordenadas Geográficas
Cuenca de Drenaje del Amazonas	0200S07830W
Montañas de Los Andes	0200S06700W
Cerros de Colonche (montañas)	0200S08020W
Planicies costeras (región fisiográfica)	0100S08000W
Costa (región hidrogeológica)	0100S08000W
Tierras bajas del Este (región fisiográfica)	0100S07700W
El Oro (provincia)	0330S07950W
Esmeraldas (provincia)	0050N07915W
Islas Galápagos	0000 09030W
Isla Puna	0250S08008W
Loja (provincia)	0410S07930W
Manabi (provincia)	0040S08050W
Oriente (región hidrogeológica)	0200S07700W
Río Babahoyo	0210S07952W
Río Daule	0210S07952W
Cuenca del río Guayas	0236S07954W
Río Guayllabamba	0028N07925W
Río Mira	0136N07901W
Cuenca del río Mira	0136N07931W
Río Pastaza	0236S07638W
Río Paute	0243S07815W
Sierra (región hidrogeológica)	0200S07830W

Nota:
Las coordenadas geográficas para nombre de lugares y características principales están en grados y minutos de latitud y longitud. La latitud se extiende desde los 0 grados en el Ecuador hasta los 90 grados Norte o Sur en los polos. La longitud se extiende desde los 0 grados en el meridiano establecido en Greenwich, Inglaterra, hasta los 180 grados Este u Oeste establecido en el Océano Pacífico cerca de la Línea de Tiempo Internacional. Las coordenadas geográficas listan latitud primero para el extremo Norte (N) o Hemisferio Sur (S) y segundo longitud para el Hemisferio Este (E) y Hemisferio Oeste (W). Por ejemplo:

Cuenca de drenaje del Amazonas 0200S07830W

Las coordenadas geográficas para la Cuenca de drenaje del Amazonas que son dadas como 0200S07830W son iguales a 2° 0' N, 78° 30' W y pueden ser escritas como la latitud de 2 grados 0 minutos Sur y como una longitud de 78 grados 30 minutos Oeste. Las coordenadas son aproximadas. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para localizar características en el mapa a escala del país. Las coordenadas geográficas para los ríos son generalmente dadas a la desembocadura del río.

Evaluación de los Recursos de Agua por Regiones Ecuador

1. Introducción

Ecuador, con una población en 1990 de 9,577,568 habitantes (alrededor del 55 por ciento urbana y 45 por ciento rural) confía el abastecimiento de agua doméstica en fuentes de agua superficial y subterránea. Grandes cantidades de precipitaciones caen sobre la mayoría de la superficie territorial del Ecuador, proveen de altas cantidades de escurrimiento y recarga de agua subterránea. Esta es la causa del alto valor específico de escurrimiento general del país, que sobrepasa los 160 centímetros, que es una cifra varias veces más alta que el promedio mundial de 30 centímetros por año. Del total del agua utilizada por año nacionalmente, el 97 por ciento es para agricultura e irrigación y sólo el 3 por ciento es para propósitos domésticos e industriales. Alrededor del 61 por ciento del total de la población tienen acceso a abastecimiento de agua potable. Alrededor del 78 por ciento de la población urbana en contraste con casi el 39 por ciento de la población rural tienen algún tipo de servicio de agua potable. De las fuentes de sistemas urbanos, alrededor del 65 por ciento proviene de fuentes de agua superficial, acerca del 33 por ciento provienen de agua subterránea y alrededor del 2 por ciento provienen de una mezcla de ambas. De los sistemas de fuentes rurales, la situación es casi inversamente proporcional: alrededor del 64 por ciento proviene de agua subterránea, alrededor del 34 por ciento provienen de agua superficial y alrededor del 2 por ciento provienen de una mezcla de ambas.

Aunque el agua dulce superficial es abundante en la mayoría de las partes del Ecuador, las fuentes generalmente no están disponibles en forma potable inmediatamente. Ecuador enfrenta los típicos problemas de contaminación del agua que acosan a los países en vías de desarrollo a lo largo del mundo. Contaminación biológica y química del agua superficial son problemas serios que están incrementando con el crecimiento de la población y con las demandas sobre la utilización de la tierra. Los sistemas de purificación del agua y de alcantarillado son inadecuados y sobre utilizados.

El agua subterránea dulce está generalmente disponible en la mayor parte del Ecuador, pero está distribuida y explotada disparejamente. El principal uso de agua subterránea es para propósitos domésticos. Los pozos de baja profundidad posiblemente están contaminados química o biológicamente, especialmente cerca de áreas pobladas o agrícolas. Debido al terreno escabroso, densa vegetación, áreas pantanosas y falta de caminos, el acceso es difícil en la mayor parte del Ecuador.

2. Recursos de Agua Superficial

Los arroyos son la principal fuente de agua superficial en la mayor parte del Ecuador. Represas, lagos, pantanos y canales, son también fuentes importantes, pero están limitadas a ciertas áreas. Las concentraciones más altas de contaminación biológica de agua superficial ocurren cerca de las áreas pobladas. La contaminación del agua superficial ocurre principalmente cerca de las zonas manufactureras; en las grandes ciudades y cerca de estas mismas; y en áreas de agricultura comercial, distritos mineros y operaciones petroleras. Ver tabla A-1 y figura A-1 para detalles adicionales.

El agua dulce está disponible perennemente de muy grandes a enormes cantidades en las tierras bajas del Este, en las planicies costeras del Noroeste, en la zona interfluvial entre el río

Daule y el río Babahoyo, y proveniente de arroyos delineados individualmente. Los arroyos grandes son fuentes predominantes de agua superficial. Algunas otras fuentes en esta región son represas, lagos naturales y pantanos de tierras bajas. Estos abastecimientos de agua dulce generalmente no están en forma potable inmediatamente. Requieren de tratamiento, debido a la prevalente contaminación biológica en la mayoría de las áreas y debido a la contaminación química proveniente del escurrimiento de la contaminación superficial en las áreas urbanas. Otras causas de contaminación química son: (1) la eliminación de desechos industriales en los cursos de las aguas cercanas de las zonas manufactureras; (2) la filtración de residuos de pesticidas en las áreas de agricultura comercial de gran escala, y (3) la contaminación de hidrocarburos provenientes de fugas y derrames asociados con la extracción, el proceso y la distribución de petróleo.

El agua dulce está disponible estacionalmente de grandes a enormes cantidades provenientes de la mayoría de las áreas intermontañosas de Los Andes y de partes de las planicies costeras al sur de la línea del ecuador. Los grandes arroyos son la fuente predominante de agua superficial. Fuentes adicionales son los canales de irrigación, los lagos del altiplano y las represas. La ocurrencia y duración del escurrimiento estacional varia de acuerdo a los efectos orográficos y a los patrones de precipitación. Estos abastecimientos de agua dulce no están en forma potable inmediatamente. Requieren de tratamiento debido a la prevalente contaminación en la mayoría de las áreas y debido a la contaminación química proveniente del escurrimiento superficial en las áreas urbanas. Desechos industriales vaciados dentro de los cauces de las aguas cerca de operaciones mineras también causan contaminación del abastecimiento de agua dulce.

El agua dulce a salobre está disponible de pequeñas a grandes cantidades principalmente proveniente de arroyos intermitentes de enero a abril. Este patrón hidrológico es típico de las áreas áridas a lo largo de las planicies costeras al Oeste y al Norte de la cadena de los Cerros de Colonche, en la mayoría de la Isla Puna, y en partes del Suroeste cerca del límite con Perú. Los abastecimientos de agua dulce generalmente no disponen de agua potable inmediatamente y requieren de tratamiento debido a la prevalente contaminación biológica en las áreas pobladas y debido a la contaminación química proveniente del contaminado escurrimiento superficial en las áreas urbanas. La contaminación de hidrocarburos proveniente de filtraciones y derrames asociados con la extracción y el proceso del petróleo también causa contaminación química.

De grandes a enormes cantidades de agua salobre a salina está disponible en los estuarios costeros. En las Islas Galápagos, está disponible de pequeñas a grandes cantidades en estanques y depresiones. En los estuarios, la calidad oscila de salobre durante caudales altos a salina durante los caudales bajos, cuando las extensiones de la influencia de la marea causa que la concentración de los totales de sólidos disueltos aumenten aún más tierra adentro. La contaminación es alta en los estuarios y en los estanques detenidos y depresiones de las Islas Galápagos. La contaminación ocurre principalmente por los hidrocarbonos causados por las filtraciones y derrames asociados con la entrega de petróleo.

El mejor acceso potencial a los puntos de agua está cerca de las áreas pobladas, cerca de las áreas desarrolladas agricolamente y a lo largo de las principales rutas de transporte, tales como caminos para todo tipo de clima y ríos navegables. El tipo más difícil de acceso está en áreas con pantanos de tierras bajas y de densa vegetación en las planicies costeras y las tierras bajas del este y en los pronunciados terrenos de las montañas de los Andes. El mejor potencial para el desarrollo de puntos de agua es a lo largo de diques de canales, arroyos, lagos y represas con bancos estables.

3. Recursos de Agua Subterránea

El agua dulce subterránea está generalmente disponible en la mayoría del Ecuador, pero está disparejamente distribuida. Ecuador puede ser dividido en cuatro principales regiones hidrológicas—La Costa (planicie costera), la Sierra (Montañas de los Andes), Oriente (Cuenca del Amazonas) y las Islas Galápagos.[1, 2] Cada región tiene características y disponibilidad de agua distintivas. Vea la tabla A-2 y la figura A-2 para más detalles.

La región de la Costa cubre alrededor del 26 por ciento del Ecuador. De exiguas a grandes cantidades de agua dulce a salobre están disponibles localmente provenientes de acuíferos aluviales. Estos acuíferos son local a regionalmente extensos con permeabilidad baja a alta. Debido a la falta de lluvia la recarga es limitada, la disponibilidad de agua dulce es estacional en la parte Suroeste de esta región.

La región de la Sierra cubre alrededor del 34 por ciento del país. De exiguas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de acuíferos locales no continuados que se encuentran en rocas consolidadas, no consolidadas y fracturadas de las montañas de los Andes. Debido a la limitada recarga causada por la falta de lluvia, la disponibilidad de agua dulce es estacional en las altas elevaciones de esta región.

La región del Oriente cubre alrededor del 38 por ciento del país. De exiguas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de extensos acuíferos locales a regionales en piedras sedimentarias y volcánicas permeables a semipermeables.

La región de las Islas Galápagos comprende alrededor del 2 por ciento del país. Pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de zonas de fracturas aisladas en los depósitos volcánicos en las elevaciones altas de las islas más grandes; sin embargo, la intrusión del agua salada es una preocupación.

En 1973 Ecuador tenia 2,915 pozos excavados a mano con un promedio de profundidad de 28 metros y una producción promedio de 13.2 litros por minuto; 154 pozos perforados con una profundidad promedio de 96 metros y una producción promedio de 240 litros por minuto.[3] Los recursos de agua subterránea están siendo principalmente explotados en la cuenca del río Guayas de la región de la Costa y en las cuencas intermontañosas de la región de la Sierra. Los pozos en las provincias de El Oro y Loja son generalmente de poca profundidad (15 a 20 metros). Sin embargo, persistentes sequías desde 1994 a 1997 han causado que estos pozos se sequen. El agua está disponible en acuíferos profundos, pero la falta de equipo y de financiamiento dejan a estos acuíferos inexplotados.[4] La cantidad de la explotación de agua subterránea varia de extensiva, cerca de las ciudades a limitada en las montañas y pequeñas villas. En el Oriente y en las Islas Galápagos, la explotación de agua subterránea es limitada.

El uso principal del agua subterránea es para propósitos domésticos. Posiblemente los pozos de poca profundidad están química y biológicamente contaminados, especialmente cerca de las áreas pobladas o agrícolas. En la región del Oriente, el agua subterránea está posiblemente contaminada por la filtración en la producción de petróleo. En las regiones de la Sierra y la Costa, pueden estar contaminadas por filtraciones en las tuberías que cruzan las montañas de los Andes y que se extienden hasta el Océano Pacífico. En las provincias de Esmeraldas y Manabi, la contaminación de hierro en los pozos es una preocupación de importancia.[5] El acceso es difícil en la mayor parte del Ecuador debido al terreno escabroso, la densa vegetación, las áreas pantanosas y la falta de caminos.[6, 7]

La región de la Costa incluye la Isla de Puna y la mayoría de las cuencas de drenaje que evacuan al océano Pacífico. De pequeñas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles de extensos acuíferos aluviales con permeabilidad alta en las cuencas del río Guayas y del río Mira. En la cuenca del río Guayas, la explotación de los recursos de agua subterránea es alta. De pequeñas a grandes cantidades de agua salobre están disponibles en las áreas de manglares a lo largo de la costa. De pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en sedimentos clásticos no consolidados y consolidados en la parte Oeste de esta región. Estos acuíferos son locales y no continuados, con permeabilidad baja a media y localmente son salobres. De muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de zonas de fracturas aisladas en depósitos sedimentarios, metamórficos y volcánicos con permeabilidad muy baja a media.[8]

La región de la Sierra comprende las Montañas de los Andes. Las vertientes son comunes en esta región. De pequeñas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles y provienen de aluviones, areniscas no consolidadas y consolidadas, y conglomerados en los valles intermontañosos de la parte alta del río Pastaza, en la parte alta del río Guayllabamba y en la parte alta del río Paute. De muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce están generalmente disponibles de zonas de fracturas aisladas en depósitos volcánicos, calizas, roca de lodos, rocas ígneas y rocas metamórficas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad muy baja a media. Vertientes termales localizadas pueden ser encontradas en la región volcánica activa, especialmente cerca del límite con Colombia. La explotación de los recursos de agua subterránea varían de muy pequeña en las montañas a moderada en los valles de los ríos.[9]

La región Oriente comprende la parte de la cuenca de drenaje del Amazonas que está en el Ecuador. El agua subterránea dulce está generalmente disponible dentro de esta región. De pequeñas a grandes cantidades de agua dulce son generalmente abundantes en los acuíferos aluviales con permeabilidad alta asociada con los depósitos cercanos a los ríos de la región. Cantidades moderadas de agua dulce son generalmente abundantes en las planicies entre los ríos y en las cabeceras altas de los ríos. Estos acuíferos locales y no continuados están compuestos de areniscas no consolidadas y consolidadas y depósitos de conglomerados y tienen permeabilidad baja a media. Exiguas a pequeñas cantidades de agua dulce están generalmente disponible provenientes de zonas de fracturas aisladas con permeabilidad muy baja a media en depósitos volcánicos, calizas, rocas de lodo, rocas ígneas y rocas metamórficas en la parte Oeste de la región. De muy pequeñas a pequeñas cantidades de agua dulce son localmente abundantes y provienen de lutitas, areniscas, calizas, lajillas, sedimentos piroclásticos y cuarzitas en las altas elevaciones a lo largo del límite Oeste. Muy pocos pozos han sido perforados en la región del Oriente debido al abundante abastecimiento de agua superficial.[10]

En las Islas Galápagos, pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles y provienen de zonas de fracturas aisladas en depósitos volcánicos en elevaciones altas. De pequeñas a grandes cantidades de agua salobre están disponibles a lo largo de la costa. La intrusión de agua salada es una preocupación de importancia en todas estas islas.[11]

Notas Finales

[1]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, *Mapa Hidrogeologico Nacional de la República del Ecuador*, Mapa, Escale 1:1,000,000, Quito, 1983.

[2]*El Economista*, “Ecuador, Tiempo de Limpieza” Vol. 329, No. 7838, Londres, Inglaterra, 20-26 Nov. 1993, p. 50.

[3]Fritz van der Leeden, *Recursos de Agua del Mundo*, Port Washington, New York: Centro de Información del Agua, Inc., 1975, p. 402.

[4]Conversasión con el Dr. Eugenio Bayancela, Proyecto PROMUSTA-CARE Ecuador, y con el Ing. Hid. Homero Castanier, FASBASE, Quito, Enero 1997.

[5]Conversación con el Dr. Eugenio Bayancela y con el Ing. Hid. Homero Castanier, Enero 1997.

[6]Llibreria del Congreso, División de Ciencia y Tecnología, *Reporte sobre el Medio Ambiente en el Ecuador*, Washington, DC, Sept. 1979, pp. 32-33.

[7]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, pp. 5-7.

[8]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, pp. 5-7.

[9]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, pp. 5-7.

[10]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, pp. 5-7.

[11]Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, pp. 5-7.

Tabla A-1. Recursos de Agua Superficial

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Observaciones
1 Agua dulce perennemente abundante	Lagos perennes, represas y arroyos generalmente a <16 km aparte. Ciénagas y pantanos dispersos en las tierras bajas del Este (0100S07700W)[3], y están concentrados en la cuenca interfluvial al Norte del río Daule y en la confluencia del río Babahoyo (0210S07952W).	De muy grande a enormes cantidades están disponibles a lo largo de todo el año. Las descargas mínimas anuales de estaciones de medición seleccionadas están dadas más abajo, seguidas por el año de registro: **1** Río Teaone (Tiaone) arriba de la confluencia del río Esmeraldas (0056N07941W), 44,040 L/min, 1994; **3** Río Mira en Lita (0050N07828W), 1,843,415 L/min, 1972; **4** Río Apaqui abajo de la confluencia con el río Minas (0032N07747W), 42,060 L/min, 1994; **5** Río Guayllabamba cerca de la confluencia con el río Cubi (0008N07827W), 1,783,950 L/min, 1972; **6** Río Guachala arriba de la confluencia con el río Granobles (000IN07809W), 91,500 L/min, 1994; **7** Río San Pedro cerca de Machachi (0028S07833W), 67,680 L/min, 1994; **8** Río Toachi cerca de Las Pampas (0026S07857W), 305,400 L/min, 1994; **9** Río Daule en Pichincha (0101S07949W), 327,058 L/min, 1972; **10** Río Daule en La Capilla (0142S08000W), 2,126,280 L/min, 1994; **11** Río Quevedo cerca de Quevedo (0101S07928W), 530,460 L/min, 1994; **12** Río Vinces en Vinces (0133S07944W), 170,000 L/min (carga mínima aproximada durante un período de 10 años de registro terminando en1972); **13** Río Zapotal arriba de la confluencia con el río Lechugal (0123S07921W), 505,800 L/min, 1994; **14** Río Chimbo abajo de la confluencia con el río Pangor (0156S07900W), 183,000 L/min, 1994; **15** Río Chimbo cerca de Bucay (0212S07908W), 857.460 L/min, 1994;	Las fuentes son dulce con TSD generalmente <200 mg/L, pero requieren de tratamiento de contaminantes biológicos y químicos para alcanzar potabilidad. La contaminación biológica ocurre en los cuerpos de agua en la mayoría del país, excepto en los arroyos de cabecera y en los lagos del altiplano en las montañas de altas elevaciones. La contaminación biológica incrementa en la vecindad de áreas pobladas, donde los desperdicios sólidos y el alcantarillado contaminan las vías navegables y resultan en la concentración de microorganismos patógenos. La contaminación por desperdicios industriales prevalece en las vías navegables cerca de las zonas manufactureras en Ambato (0115S07837W), Cuenca (0253S07859), Esmeraldas (0059N07942W), y Latacunga (0056S07837W). En todas estas ubicaciones, metales duros y substancias fenólicas se encuentran en niveles alarmantes. Otras fuentes de contaminación química son: (1) los pesticidas residuales utilizados en áreas de agricultura comercial de gran escala en las cuencas del río Esmeraldas (0034N07928W); (2) la contaminación por hidrocarburos causada por filtraciones y derrames asociados con la refinación del petróleo y su distribución a lo largo del bajo río Esmeraldas; y (3) la contaminación por hidrocarburo asociada con la extracción y distribución de petróleo en las provincias de Napo (0025S07655W) y Sucumbios (0020N07725W). Las estaciones de medida de los arroyos que monitorean la calidad del agua son dadas más abajo con la fecha de la muestra	El acceso a, y el desarrollo del suministro de puntos de agua son influenciados por la topografía y la cubierta de suelo. El acceso por tierra es difícil a través de las tierras bajas del Este y en la mayoría de las áreas costeras del Norte debido a los pantanos, densos bosques tropicales y bancos inestables. Las vías navegables podrían proveer acceso por medio del los ríos Napo, Pastaza, Macuma, Namagoza y el río Zamora en las tierras bajas del Este y vía el río Esmeraldas y el río Santiago en las áreas costeras del Noroeste. El acceso por tierra esta también restringido en las tierras interfluviales bajas al Norte de la confluencia de los ríos Daule y del río Babahoyo, aunque los caminos en los diques de canales de irrigación proveen acceso limitado es estas áreas. En las tierras inetrfluviales bajas, las vías navegables podrían proveer acceso vía río Babahoyo y el río Vinces. El acceso por tierra es generalmente mejor cerca de las áreas urbanas, donde existen numerosos caminos para toda estación y puentes permanentes cruzan los arroyos. En el escabroso terreno de las montañas de Los Andes, donde los puentes cruzan profundos desfiladeros y los caminos van

Tabla A-1. Recursos de Agua Superficial (continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Observaciones
1 Agua dulce perennemente abundante (continuación)		**16** Río Canar cerca de la confluencia con el río Raura (0233S07907W), 249,753 L/min 1972; **17** Río Canar en Puerto Inca (0233S07933W), 234,120 L/min, 1994; **18** Río Jubones abajo del río San Francisco (0318S07930W) 300,540 L/min, 1994; **19** Río Jubones sobre Pasaje (0320S07949W), 1,046,584 L/min, 1972; **20** Río Tumbez cerca de Marcabeli (0349S07956W), 304,920 L/min, 1994; **21** Río Tomebamba cerca de Monay (0253S07858W), 123,540 L/min, 1994; **22** Río Paute cerca de la confluencia con el río Dudas (0241S07835W), 1,379,588 L/min; 1972; **23** Río Cebadas cerca de Cebadas (0153S07838W), 338,520 L/min, 1994; **25** Río Cutuchi sobre la confluencia con el río Yanayacu. (0104S07836W), 111,060 L/min, 1994; y **26** Río Misahualli cerca de Cotundo (0051S07747W) 125,760 L/min, 1994.	y el resultado de los valores derivados de parámetros de muestra. Cuando y donde fuera disponible, SSC son dadas con sus correspondientes medidas de la descarga del arroyo. **2** Río Esmeraldas bajo la confluencia del río Sade (0031N07925W), 15 Abr 94, TSD 73 mg/L, pH 7.2, temperatura 24 °C, SSC 375 mg/L a 119,246,400 L/min; **5** Río Guayllabamba cerca de la confluencia del río Cubi, 13 Mar 94, SSC 575 mg/L a 5,183,820 L/min; **10** Río Daule en La Capilla, 25 Ene 94, TSD 79 mg/L, pH 7.2, temperatura 27.4 °C, SSC 30 mg/L a 6,140,140 L/min 10 Nov 94. TSD 79 mg/L, pH 7.1, temperatura 27 °C, SSC 132 mg/L a 2,970,960 L/min; **11** Río Quevedo cerca de Quevedo, 23 Feb 94, TSD 95 mg/L, pH7.5, temperatura 27.2 °C, SSC 155 mg/L a 21,225,840 L/min; **12** Río Vinces en Vinces, 26 Ene. 94, TSD 57 mg/L, pH 7.3, temperatura 15.8 °C, SSC 100 mg/L a 17,368,560 L/min; **14** Río Chimbo bajo la confluencia del río Pangor, 2 Nov 94, TSD 94 mg/L, pH 7.5, temperatura 18 °C, SSC 131 mg/L a 338,820 L/min; **15** Río Chimbo cerca de Bucay, 20 Ene 94, TSD 94 mg/L, pH 7.6, temperatura 22.8 °C, SSC 958 mg/L 2,407,500 L/min; 1 Nov 94, TSD 107 mg/L, pH 7.5, temperatura 21.7 °C, SSC 128 mg/L a 670,080 L/min; **16** Río Canar cerca de la confluencia con el río Raura 14 Abr 94, TSD 144 mg/L, pH 7.2, temperatura 16.5 °C, SSC 682 mg/L a 5,695,440 L/min; **17** Río Canar en Puerto Inca, 13 Ene 94, TSD 96 mg/L, pH 7.4, temperatura 23 °C, SSC 678 mg/L 2,322,360 L/min; 13 Apr 94, TSD 109 mg/L, pH 7.4, SSC 2,603 mg/L a 7,926,720 L/min; **20** Río Tumbez cerca de Marcabeli, 16 Feb 94, SSC 469 mg/L a 9,376,440 L/min; **23** Río Cebadas cerca de Cebadas, 27 0ct 94, TSD 68 mg/L, pH 7.2, temperatura 13.4 °C, SSC 286 mg/L a 712,200 L/min; **24** Río Pastaza en Banos (0123S07825W),16 Abr 94, TSD 11 mg/L, pH 7.3, temperatura 17.4 °C; 22 Oct 94, TSD 95 mg/L, pH 7.7, temperatura 14.8 °C, SSC 253 mg/L 2,677,320 L/min; **25** Río Cutuchi arriba de la confluencia del río Yanayacu, 25 Mar 92, SSC 6,981 mg/L a 479,160 L/min; 14 Abr 94, TSD 142 mg/L, pH 7.2, temperatura 16.2 °C; y **26** Río Misahualli cerca de Cotundo, 20 Mar 94, TSD 94 mg/L, pH 7.5, temperatura 21.3 °C, SSC 936 mg/L a 564,420 L/min.	paralelos a pronunciados bancos, el acceso y el desarrollo son difíciles debido a las grandes distancias verticales que separan a los puentes o caminos de la superficie de los cuerpos de agua.

Tabla A-1. Recursos de Agua Superficial (continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Observaciones
2 Agua dulce estacionalmente abundante	Lagos perennes e intermitentes, represas, canales y arroyos generalmente a <16 km aparte.	De grandes a enormes cantidades están disponibles estacionalmente como se detalla a continuación: De enero a mayo en la mayoría de las áreas interiores de las planicies costeras (0100S08000W), incluyendo las laderas Oeste de la Cordillera Occidental (0130S07855W); De octubre a junio a lo largo de las laderas intermontañosas y los valles de las montañas de Los Andes (0200S07840W); y de marzo a junio y de septiembre a noviembre a lo largo de las laderas al Este de la Cordillera Oriental (0130S07820W). De pequeñas a grandes cantidades están disponibles durante las diferentes estaciones de aguas bajas, cuando el escurrimiento a las fuentes perennes disminuye drásticamente y las fuentes intermitentes se secan por extensos intervalos.	Las fuentes son generalmente dulces, pero tratamiento por contaminantes biológicos y químicos es requerido para obtener potabilidad. La contaminación biológica ocurre en los cuerpos de las aguas a través de la mayoría del país, excepto en los arroyos de cabecera y en los lagos de las tierras altas en las montañas con grandes elevaciones. La contaminación biológica incrementa en las vecindades de las áreas pobladas, donde los desperdicios sólidos y los alcantarillados contaminan las vías navegables y resultan en concentraciones de microorganismos patogénicos. La contaminación por residuos industriales prevalece en las vías navegables cerca de las zonas manufactureras en las ciudades de Quito y Riobamba, donde metales duros y substancias fenólicas se encuentran en niveles alarmantes. Otras fuentes de contaminación química son los altos niveles de mercurio residual asociado con el proceso de amalgamación del oro en las provincias Azuay (0305S07920W), El Oro (0330S07950W), y Zamora-Chinchipe (0415S07850W).	El acceso y el desarrollo de sitios de entrada están influenciados por la topografía y la cubierta del terreno. El acceso es restringido a lo largo de las laderas del Este de la Cordillera Oriental por la densa vegetación; en las áreas intermontañosas en Los Andes por laderas y bancos pronunciados: y a lo largo de las tierras costeras bajas en la vecindad del Golfo de Guayaquil (0300S08030W) por suaves terrenos y suelos suaves y canales cambiantes.
3 Agua dulce escasa o inexistente	Arroyos intermitentes generalmente a >16 km aparte.	De pequeñas a grandes cantidades están disponibles de enero hasta abril principalmente provenientes de pequeños arroyos intermitentes. Los caudales ocurren generalmente en cortos intervalos respondiendo a la lluvia. Los arroyos están generalmente secos durante el resto del año.	El escurrimiento generalmente se transforma en salobre durante caudales sostenidos, cuando las concentraciones de TSD tienden a incrementar. El caudal del arroyo es generalmente turbio y alto en sedimentos. La contaminación biológica ocurre cerca de las áreas pobladas. La contaminación química ocurre en forma de hidrocarburo proveniente de derrames asociados con la extracción y refinamiento del petróleo en la provincia de Guayas (0200S08000W) en la Península de Santa Elena (0215S08050W).	El acceso a los arroyos es posible en las planicies costeras y cerros, pero el desarrollo de sitios de ingreso no es práctico. Ocasionales inundaciones repentinas durante la estación lluviosa rápidamente se infiltran en los lechos no consolidados de los ríos haciendo de la captura del agua un proceso difícil. Durante flujos sostenidos, el mantenimiento frecuente del equipo de ingreso sería requerido, ya que altas cargas de sedimentos causan obstrucción acelerada y el desgaste del equipo de ingreso.
4 Agua dulce escasa o inexistente	Estuarios costeros y pantanos tierra adentro y en la Isla Puna (0250S08008W); arroyos efímeros, pequeños estanques	De pequeñas a enormes cantidades están disponibles. De pequeñas a grandes cantidades están generalmente disponibles en las Islas	El agua es generalmente salobre a salina. Durante los flujos bajos al estuario costero, las corrientes de las mareas sobrepasan a las débiles corrientes de los ríos, creando condiciones de regresión de agua. Esto causa	El acceso por tierra no es posible en las zonas de estuarios debido a las condiciones de almacenamiento de agua en la superficie. En las áreas costeras del Noroeste, las vías

Tabla A-1. Recursos de Agua Superficial (continuación)

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-1)	Fuentes	Cantidad[1]	Calidad[2]	Observaciones
4 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)	y depresiones de rocas volcánicas en las Islas Galápagos (0030S09030W).	Galápagos. De grandes a enormes cantidades están disponibles tierra adentro y en la Isla Puna.	que la concentración de agua salina migre corriente arriba y dentro de las tierras bajas adyacentes. El caudal de los estuarios es generalmente turbio y alto en sedimentos. La contaminación biológica es alta en la zona de los estuarios, en estanques detenidos y depresiones de las Islas Galápagos. La contaminación química ocurre en forma de hidrocarburo proveniente de derrames o filtraciones asociados con la distribución del petróleo en el delta del río Guayas (0222S07950W).	navegables podrían proveer acceso vía río Santiago, y al Sur de la confluencia del río Daule y del río Babahoyo vía el río Guayas. El desarrollo de puntos de ingreso no es práctico a lo largo de los estuarios y en los pantanos costeros debido a los bancos inestables. Equipo portátil para desalinización por osmosis reversa sería necesario.

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

[2]Términos Cualitativos:
Agua dulce = TSD ≤1,000 mg/L; cloruros máximos ≤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

[3]Las coordenadas geográficas listan la latitud primero para el Hemisferio Norte (N) o Hemisferio Sur (S) y segundo la longitud para el Hemisferio Este (E) o Hemisferio Oeste (W). Por ejemplo:

tierras bajas del Este (0100S07700W)

Las coordenadas geográficas para las tierras bajas del Este que son dadas como 0100S07700W igual a 1° 0' Sur 77° 0' Oeste y puede ser escrito como la latitud grado 1 y 0 minutos Sur y una longitud de 77 grados y 0 minutos Oeste. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para localizar características en el mapa a escala del país. Las coordenadas son aproximadas. Las coordenadas geográficas para los ríos son generalmente dadas en la desembocadura del río.

Nota:
gal/min = galones por minuto
L/min = litros por minuto
mg/L = miligramos por litro
pH = concentración hydrogeno-ion
SSC = concentración de sedimentos en suspención
TSD = total de sólidos disueltos

Tabla de conversión:

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

Tabla A-2. Recursos de Agua Subterránea

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los Acuíferos	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
1 Agua dulce generalmente abundante	Los acuíferos están asociados con rocas clásticas no consolidadas del período Cuaternario. El aluvión de la región Oriente (Cuenca Amazona, 0200S07700W)[3] consiste de gravas altamente permeables y arenas con vetas de cieno y arcilla. Los acuíferos en la región de la Costa (0100S08000W) consisten de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Son regionales pero están limitados en algunas áreas. Estos acuíferos están confinados y no confinados con permeabilidad media a alta. Sedimentos Cuaternarios No Diferenciados en las regiones de la Costa y Oriente consisten de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. Esta formación está en la provincia de Esmeraldas (0050N07915W), Manabi (0040S08050W), Guayas (0200S08000W), El Oro Este (0330S07950W), Azuay Este, (0305S07920W), Canar Este (0230S07900W), Los Ríos (0125S07935W), Cotopaxi (0050S07850W), y Napo (0025S07655W). La Formación de San Tadeo en la región de la Costa de las provincias de Esmeraldas, Manabi, Los Ríos y Cotopaxi consisten de lahares, fanglomerados y flujos de lodo. La Formación de Pichilingue en la región de la Costa de la Suroeste provincia de Pichincha (0010S07840W), Los Ríos, y el Norte de Guayas consiste de terraplenes y sedimentos de ríos.	De pequeñas a grandes cantidades están disponibles. En la cuenca del río Guayas (0236S07954W), la producción oscila desde 120 a 7,920 L/min. En los sedimentos Cuaternarios No Diferenciados, la producción de los pozos oscila desde 60 a 7,920 L/min. En la Formación de San Tadeo, la producción de los pozos oscila desde 120 a 4,500 L/min. En la Formación de Pichilingue, un pozo tiene una producción reportada de 1,500 L/min. En la región de la Costa al Norte de Santo Domingo de los Colorados (0015S07909W), el promedio de la producción de los pozos es 360 L/min. En la región de la Costa al Sur de Santo Domingo de los Colorados y al Norte de Balao (0255S07949W), la producción promedio de los pozos es 2,100 L/min. En la Región de la Costa al Sur de Balao, la producción de los pozos es de 1,200 L/min.	El agua es generalmente dulce en las regiones de la Costa y Oriente. En la cuenca del río Guayas, el promedio de TSD es 364 mg/L. Acuíferos de poca profundidad pueden estar biológica o químicamente contaminados, especialmente cerca de las áreas pobladas o agrícolas. Los valores de TSD en los sedimentos Cuaternarios No Diferenciados típicamente oscilan entre 64 y 890 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de San Tadeo oscilan entre 53 y 320 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Pichilingue oscilan entre 50 y 680 mg/L. En la región de la Costa al Norte de Santo Domingo de los Colorados, el promedio del valor de TSD es de 350 mg/L. En la región de la Costa al Sur de Santo Domingo de los Colorados y Norte de Balao, en valor promedio del TSD es 400 mg/L. En la región de la Costa al Sur de Balao, el promedio del valor de TSD es 600 mg/L.	El acceso es difícil en la región de Oriente debido a la densa vegetación, suelos pantanosos y falta de caminos. El acceso a la cuenca del río Guayas no es difícil, especialmente cerca de los caminos, a excepción de las áreas pantanosas. El desarrollo es posible vía pozos de poca profundidad excavados a mano. El agua subterránea está probablemente a profundidades <30 m. En la región de la Costa al Norte de Santo Domingo de los Colorados, el promedio de profundidad de pozo es 20 m, y el promedio de profundidad al agua es 10 m. En la región de la Costa al Sur de Santo Domingo de los Colorados y al Norte del río Balao, el promedio de profundidad es de 55 m y el promedio de profundidad al agua es 8 m. En la región de la Costa al Sur de Balao, la profundidad promedio de pozo es 60 m, y profundidad promedio al agua es 3 m.	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos, excepto en la cuenca de río Guayas donde también es utilizada para actividades agrícolas. Muy pocos pozos han sido perforados en la región Oriente debido al pobre acceso y a la baja población. La recarga proviene de lluvias e infiltración de los ríos. Estas áreas son adecuadas para la mayoría de los pozos de irrigación y pozos de abastecimiento de agua municipal.
2 Agua dulce generalmente abundante	Los acuíferos Terciarios-Cuaternarios en la región Oriente consisten de sedimentos clásticos consolidados y no consolidados, principalmente areniscas y conglomerados con menores cantidades de tufas, arcillas y cienos. Los acuíferos tienen permeabilidad media a baja. Algunos acuíferos son localmente no continuados. La Formación Plio-Cuaternaria en la provincia de Morona-Santiago (0230S07745W)	Moderadas cantidades están disponibles con grandes cantidades localmente disponibles. Vertientes con producciones de 60 L/min están cerca de Santa Clara (0118S07753W) en la provincia de Pastaza (0155S07700W) y cerca de Macas (0219S07807W) en la provincia de Morona-Santiago.	El agua es generalmente dulce. Los pozos cerca de Puyo (0128S07759W) en la provincia de Pastaza tienen valores de TSD que oscilan desde 75 a 450 mg/L. Una vertiente en la Formación Plio-Cuaternaria tiene un valor de TSD de 45 mg/L. Los acuíferos de poca profundidad pueden estar biológica o	El acceso es difícil debido a la densa vegetación y a la falta de caminos. Algunos acuíferos son difícil de localizar debido a su localizada extensión.	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos. La recarga de los acuíferos proviene de la lluvia y la infiltración de los ríos. Muy pocos pozos han sido perforados en la región del Oriente debido

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

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los Acuíferos	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
2 Agua dulce generalmente abundante (continuación)	consiste de arcillas, brequias y conglomerados.		químicamente contaminados, especialmente cerca de las áreas pobladas o agrícolas. En el área del Lago Agrio (0006N07652W) en la provincia de Sucumbios (000 07630W), el agua puede estar contaminada por la producción de petróleo.		al pobre acceso y a la baja población. Estas áreas son generalmente adecuadas para la mayoría de los pozos de irrigación y pozos de abastecimiento de agua municipal.
3 Agua dulce localmente abundante	Los acuíferos Terciario-Cuaternario generalmente consisten de sedimentos clásticos consolidados y no consolidados que están principalmente compuestos de areniscas y conglomerados con menores cantidades de tufas, arcillas, cienos, rocas de lodo y calizas. Estos acuíferos son locales y no continuados con permeabilidad media a baja. Vertientes son comunes en la región de la Sierra (0200S07830W). La Formación de Tablazos en la región de la Costa de la provincia de Manabi, tiene >150 m de espesor y consiste de areniscas, conglomerados y sedimentos calcáreos. Los pozos completados en el acuífero de Tablazos son artesanos. La Formación de Zapotal en el área de Daular (0219S08006W) en la provincia de Guayas, tiene un espesor de 1,000 m y consiste de areniscas, conglomerados y arcillas. La Formación de Progreso en el área de San Juan (0229S08020W) y en el área de Progreso (0224S08022W) en la provincia de Guayas oscila en espesor de 400 a 1,300 m. Consiste de arcillas, areniscas, conglomerados y lutitas. La Formación Cuaternaria No	De pequeñas a moderadas cantidades están disponibles. En la región de la costa cerca de la desembocadura del río Colimes (0132S08000W) en la provincia de Guayas, un pozo produjo 1,020 L/min. La producción de los Pozos cerca del río Verde (0221S08042W) en la provincia de Guayas oscilan de 379 a 757 L/min. Un pozo cerca de Pedro Carbo (0150S08014W) en la provincia de Guayas tiene producciones de 780 L/min. En la área de San Juan y Progreso, los pozos tienen producciones de 284 a 379 L/min. En el área de Daular, los pozos tienen una producción de 379 L/min. Las vertientes en la región de la Sierra tienen producciones que oscilan desde 60 a 900 L/min. En las Formaciones de Progreso y Complejo Olistostrómico, un pozo en cada Formación tiene producciones de 60 L/min. En la Formación de Cangahua, la producción de los	El agua es generalmente dulce en la región de Sierra y de dulce a localmente salobre en la región de la Costa. Los acuíferos en la región de la Costa tienen valores promedio de TSD de 892 mg/L, pero estos TSD pueden ser tan altos como 3,800 mg/L cerca de la costa. En la región de la Sierra, las vertientes y pozos tienen un promedio de TSD de 863 mg/L. Los acuíferos de poca profundidad pueden estar biológica o químicamente contaminados, especialmente cerca de las áreas pobladas o agrícolas. Los pozos cerca del río Verde tienen valores de TSD de 256 a 1,730 mg/L, NaCl de 250 a 915 mg/L, Cl de 11 a 41 mg/L, y SO_4 de 104 a 286 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Progreso oscilan desde 594 a 5,658 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Zapotal oscilan desde 340 a 782 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Superior Onzole oscilan desde 1,350 a 2,250 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Viche oscilan desde 540 a 2,100 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Angostura oscilan desde 450 a 2,635 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Borbon oscilan desde 98 a 1,200 mg/L.	El acceso fuera de los caminos en las regiones de la Sierra y la Costa es difícil debido a la densa vegetación y al terreno escabroso. El desarrollo es posible vía pozos perforados y pozos de poca profundidad excavados a mano. Algunos de los acuíferos son difícil de localizar debido a su extensión localizada. La profundidad de los pozos en el área de río Verde oscila desde 18 a 56 m. Localmente, aspiración adicional puede ser de hasta 60 m. En áreas que rodean San Juan y Progreso, la profundidad de los pozos oscilan desde 9 a 49 m. En el área de Daular, la profundidad de los pozos oscila desde 3 a 14 m. En el área alrededor de San Lorenzo, el promedio de profundidad de pozo es de 30 m y el promedio de profundidad al agua es de 10 m. En la provincia de Azuay, el promedio de profundidad de pozo es 30 m, y el promedio de profundidad al agua es 15 m. Los valores de TSD en la Formación de San Mateo oscilan desde 450 a 6,000 mg/L. En la provincia de Pichincha, el promedio de profundidad de pozo es 100 m, y el promedio de	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos. La recarga es proveniente de la lluvia. Estas áreas son adecuadas para pozos tácticos y de bombas manuales. Algunas áreas puede que sean adecuadas para pozos de irrigación y pozos de abastecimiento de agua municipal. Producciones más altas pueden ser encontradas a lo largo de las fracturas.

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

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los Acuíferos	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
3 Agua dulce localmente abundante (continuación)	Diferenciada consiste de arena, arcilla, guijarros y cienos. La Formación Superior de Onzole en la provincia de Esmeraldas consiste de argillitas con capas de areniscas y vetas de conglomerado. La Formación Viche en las provincias de Esmeraldas y Manabi consisten de cienos arcillosos con vetas calcáreas, conglomerados y areniscas. La Formación de Angostura en la provincia de Manabi consiste de areniscas, conglomerados y areniscas calcáreas. La Formación de Borbon en la provincia de Manabi consiste de areniscas, arcillas, conglomerados y areniscas calcáreas. La Formación de San Mateo en la provincia de Manabi consiste de areniscas, conglomerados y arcillas. La Formación de Cangahua en la provincia de Carchi (0045N07805W), Imbabura (0022N07825W), Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua (0115S07830W), Bolívar (0135S07905W), y Chimborazo (0155S07845W) consisten de volcánicas. La Formación del Complejo Olistostrómico en la provincia de Guayas consiste de piedras de allochthon, areniscas, lutitas, calizas y pizarras. La Formación de Tarqui en las provincias de Loja, Zamora-Chinchipe, Chimborazo, Canar y Azuay consisten de tufas y aglomerados riolíticos en andesitas. La Formación de Moraspamba en la provincia de Azuay consiste de lutitas intercaladas y areniscas con conglomerados.	pozos oscila desde 60 a 900 L/min. En la Formación de Tablazos, la producción de pozos oscila desde 60 a 840 L/min. En el área alrededor de San Lorenzo (0104S08054) en la Provincia de Manabi, la producción promedio de pozos es de 60 L/min. En la provincia de Azuay, el promedio de producción de pozos es 120 L/min. En la provincia de Pichincha, el promedio de producción de pozos es 900 L/min. En la Península de Santa Elena (0215S08050W) en la provincia de Guayas, el promedio de producción de pozos es 180 L/min. En las provincias de Cangahua y en las Formaciones Cuaternarias No Diferenciadas en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, el promedio de producción de pozos 600 L/min.	Los valores de TSD en la Formación de Cangahua oscilan desde 24 a 2,925 mg/L. En la Formación de Cangahua y la Formación Cuaternaria No Diferenciada en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, el promedio del valor de TSD es 500 mg/L. Los valores de TSD en las Formaciones de Progreso y Tablazos oscilan desde 3,500 a 3,800 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Complejo Olistostrómico oscilan desde 656 a 6,000 mg/L. Los valores de TSD en la Formación de Tarqui oscilan desde 135 a 600 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Moraspamba oscilan desde 320 a 420 mg/L. En el área alrededor de San Lorenzo, el valor promedio de TSD de pozo es de 3,000 mg/L. En la provincia de Azuay, el valor promedio de TSD de pozo es de 600 mg/L. En la provincia de Pichincha, el valor promedio de TSD de pozo es 300 mg/L. En la Península de Santa Elena el valor promedio de TSD de pozo es 3,000 mg/L.	profundidad al agua es 40 m. En la Península de Santa Elena, el promedio de profundidad de pozo es 50 m, y el promedio de profundidad al agua es 10 m. En las Formaciones de Cangahua y la Formación Cuaternaria No Diferenciada en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, el promedio de profundidad de pozo es 70 m, y el promedio de profundidad al agua es de 25 m.	
4 Agua dulce localmente abundante	Los acuíferos son muy localizados y restringidos a las zonas de fracturas con permeabilidad baja a media. Estos acuíferos principalmente consisten de depósitos de volcánicas recientes, rocas cata-clásticas, rocas piro-clásticas, porfiria, diabasa, cuarzita, caliza y rocas sedimentarias. Presente en altas elevaciones en las Islas más grandes de las Islas Galápagos (0000 09030W).	De muy pequeñas a pequeñas cantidades están disponibles. Las vertientes en la región de la Sierra tiene una producción promedio de 157 L/min. En la Formación de Cayo, un pozo en la provincia de	El agua es dulce a localmente salobre. La mayoría de las vertientes y pozos son dulces. En la región de la costa, los TSD oscilan desde 270 a 6,000 mg/L. Las vertientes y los pozos en la región Sierra tienen valores promedio de TSD de 552 mg/L. Los valores de TSD en las Formaciones Onzole y Charapoto	El acceso es difícil debido a lo escabroso y montañoso del terreno y a la falta de caminos. Las zonas de fractura generalment e prevalecen	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos y de ganadería. La recarga proviene de la lluvia. Algunas áreas, generalmente localizadas a

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

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los Acuíferos	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
4 Agua dulce localmente abundante (continuación)	Las vertientes son comunes en la región de la Sierra. La Formación de Onzole Y Charapoto en la provincia de Manabi consiste de rocas de cieno, lutitas, areniscas y conglomerados. La Formación Cayo en la provincia de Manabi y Guayas consiste de arcillas, pizarras, brequias y conglomerados. La Formación Zapotillo y Ciano en la provincia de Loja (0410S07930W) consiste de rocas terrosas color gris, lutitas negras y conglomerados. La Formación Celica en la provincia de Loja consiste de masivas andesitas verdes. La Formación Macuchi en la provincia de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Canar consisten de diabasas y andesitas con sedimentos volcánicos. La Formación Sicalpa en las provincias de Canar y Chimborazo consisten de aglomerados de lavas andesíticas piroclásticas. La Formación Volcánica Reciente en las provincias de Canar, Tungurahua, Imbabura, Carchi y Bolívar consisten de lavas, tufas andesíticas, brequias y ceniza. La Formación Pisayambo en la provincia de Tungurahua consiste de lavas y sedimentos piroclásticos. La Formación Grupo Limón en la provincia de Morona-Santiago consiste de arcillas, areniscas, lutitas, pizarras, calizas y cuarzitas.	Manabi tiene una producción de 60 L/min. En la Formación Zapotillo Y Ciano, el promedio de producción de pozo es 60 L/min.	oscilan desde 360 a 2,250 mg/L. Dos pozos en la Formación Cayo en la provincia de Manabi presentaron valores de TSD de 2,800 y 3,200 mg/L. Los valores de TSD de las vertientes en las Formaciones de Zapotillo y Ciano oscilan desde 240 a 435 mg/L. Los valores de TSD de las vertientes en la Formación Celica oscilan desde 5 a 380 mg/L. Los valores de TSD de las vertientes de la Formación de Macuchi Oscilan desde 28 a 1,425 mg/L. Los valores de TSD de las vertientes en la Formación Sicalpa oscilan desde 340 a 740 mg/L. Los valores de TSD de los pozos en la Formación Volcánica Reciente oscilan desde 45 y 585 mg/L. Los valores de TSD de las vertientes en la Formación Volcánica Reciente oscilan desde 86 a 950 mg/L. Una vertiente en la Formación de Pisayambo presentó un valor de TSD de 20 mg/L. Vertientes y pozos en la Formación Grupo Limón tiene valores de TSD que oscilan desde 53 a 180 mg/L. Los acuíferos de poca profundidad pueden estar biológica o químicamente contaminados.	mayoritariamente cerca de la superficie y menos probables a profundidades >60 m. Los pozos exitosos puede que dependan del encuentro de fracturas. En la Formación de Zapotillo y Ciano, la profundidad promedio de pozo es 25 m, y el promedio de profundidad al agua es 10 m.	lo largo de las fracturas a <60 m de profundidad, puede que sean adecuadas para pozos tácticos y/o pozos de bombas manuales.
5 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)	Los acuíferos en las regiones de la Sierra, Costa y Oriente consisten de rocas intrusivas y rocas asociadas extrusivas compuestas de granitas, granodioritas, riolitas y masivas rocas metamórficas. Estas rocas tiene propiedades hidrológicas muy pobres y son casi impermeables. Un poco de los acuíferos en las regiones de la Costa y Oriente consisten de sedimentos consolidados y no consolidados. Existen	De exiguas a pequeñas cantidades están disponibles. Una vertiente cerca de Palmira en la provincia de Chimborazo (0205S07843W) tiene una producción promedio de 360 L/min.	La calidad del agua es generalmente dulce. En la región de la Sierra, los TSD de las vertientes generalmente oscilan desde 120 a 420 mg/L. Dos vertientes en el área Guacamote en la provincia de Chimborazo (0156S07843W) tienen valores de TSD de 1,125 y 1,425 mg/L. Las vertientes termales tienen temperaturas que oscilan desde 16 a 49 °C.	El acceso es difícil debido a lo escabroso y montañoso del terreno. Las zonas de fracturas prevalecen mayoritariamente cerca de la superficie y menos probables a profundidades >60 m; por lo tanto la profundidad económica de perforación es	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos. La recarga proviene de la lluvia. Algunas áreas son adecuadas para pozos tácticos y/o pozos de bombas manuales

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

Unidad de Mapa (Ver Fig. A-2)	Características de los Acuíferos	Cantidad[1]	Calidad[2]	Aspectos del Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
5 Agua dulce escasa o inexistente	vertientes aisladas a lo largo de las zonas de las fracturas. Las vertientes en las áreas volcánicas activas son termales. La Formación Grupo Paute en la provincia de Canar consiste de andesitas, filitas y esquistos.		Dos vertientes en la Formación Grupo Paute presentaron valores de TSD de 125 y 270 mg/L.	generalmente <60 m.	generalmente a lo largo de las fracturas <60 m. de profundidad. Indeseadas para la futura exploración de pozos debido al bajo potencial de producción.
6 Agua dulce escasa o inexistente	En la región de la Costa, los acuíferos son sedimentos Cuaternarios de rocas clásticas no consolidadas, generalmente con alta permeabilidad. Los acuíferos tienden a tener agua salobre a salina y están algunas veces asociadas con manglares. La Formación Manglar consiste de arcillas de lodo y cieno. La Formación Cuaternaria No Diferenciada consiste de arenas, areniscas, arcillas y conglomerados. En las Islas Galápagos, los acuíferos son locales y no continuados. Consisten de lava basáltica y rocas piroclásticas con permeabilidad media a baja, la que es resaltada por fisuras.	De pequeñas a grandes cantidades de agua salobre o salina están disponibles. Un pozo a lo largo del Estero Salado (0230S08004W) tiene una producción de 300 L/min de agua salobre. En los sedimentos Cuaternarios No Diferenciados, la producción de pozos oscila desde 240 a 1,560 L/min. A lo largo del río Chico (0048S08045W), el promedio de producción de pozo es 90 L/min. A lo largo del río Chone (0035S08004W), el promedio de producción de pozo es 180 L/min.	La calidad del agua es pobre (salobre a salina). La intrusión de agua salada es un serio problema en las Islas Galápagos y a lo largo de al costa del Pacífico. En el área de San Lorenzo en la provincia de Esmeraldas (0117N07850W), los valores de TSD oscilan desde 225 a 2,100 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Cuaternaria No Diferenciada oscilan desde 240 a 7,600 mg/L. Los valores de TSD en la Formación Manglar oscilan desde 225 a 2,100 mg/L. A lo largo del río Chico, los valores promedio de TSD son 1,000 mg/L. A lo largo del río Chone, los valores promedio de TSD de pozo son 800 mg/L.	Las áreas de mangles a lo largo de la costa hacen difícil el acceso. En la región de la Costa, la profundidad al agua es <30 m. En las Islas Galápagos una veta fina de agua dulce existe cerca del nivel del mar, pero sobre bombeo causará intrusión del agua salada. Se debe poner extrema precaución durante la perforación, para prevenir la penetración de la capa de agua dulce que se ubica por arriba del agua salina. A lo largo del río Chico, el promedio de profundidad es 0 m, y el promedio de profundidad al agua es 5 m. A lo largo del río Chone, el promedio de profundidad de pozo es 40 m, y el promedio de profundidad al agua es de 7 m.	El agua subterránea es principalmente utilizada para propósitos domésticos. La recarga proviene de la lluvia en algunas áreas costeras por la infiltración de los ríos. El agua salada avanza gradualmente desde el océano. La exploración de pozos no es recomendada en esta área debido al potencial de pobre calidad del agua. Inadecuada para pozos tácticos y de bombas manuales.

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

[1]Términos Cuantitativos:

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

[2]Términos Cualitativos:

Agua dulce	= TSD ≤1,000 mg/L; cloruros máximos ≤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 duro	= 61 a 120 mg/L $CaCO_3$
Duro	= 121 a 180 mg/L $CaCO_3$
Muy Duro	= >180 mg/L $CaCO_3$

[3]Las coordenadas geográficas listan la latitud primero para el Hemisferio Norte (N) o Hemisferio Sur (S) y segundo la longitud para el Hemisferio Este (E) o Hemisferio Oeste (W). Por ejemplo:

Cuenca del Amazonas (0200S07700W)

Las coordenadas geográficas de la cuenca del Amazonas que están dadas como 0200S07700W igual a 2° 0' Sur 77° 0' Oeste y puede ser escrito como la latitud de 2 grados y 0 minutos Sur y una longitud de 77 grados y 0 minutos Oeste. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente exactas para localizar características en el mapa a escala del país. Las coordenadas son aproximadas.

Nota:

Ca	= calcio
$CaCO_3$	= carbonato de calcio
Cl^-	= cloruro
gal/min	= galones por minuto
L/min	= litros por minuto
mg/L	= miligramos por litro
NaCl	= Cloruro de sodio
SO_4	= sulfato
TSD	= total de sólidos disueltos

Tabla de conversión:

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

Bibliografía

Da Ros, Giuseppina. *La Contaminación de Aguas en Ecuador*: *Una Aproximación Económica*. Quito: Instituto de Investigaciones Económicas, 1995.

Delavaud, Anne Collin. *Atlas del Ecuador*. Quito: Instituto Geográfico Militar, Febrero 1982.

Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. *Plan Nacional de Riego–Zonas Agrícolas del Ecuador*. Mapa, escala 1:2,000,000, Quito, 1969.

Instituto Geográfico Militar. *República del Ecuador–Mapa Físico*. Mapa, escala 1:4,000,000, Quito, 1988.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología–Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Hidrológico*. 1994, No. 32, Quito, 1996.

Leeden, Fritz van der. Recursos de Agua del Mundo. Port Washington, New York: Centro de Información del Agua, Inc., 1975.

Librería del Congreso, División de Ciencia y Tecnología. Reporte del Medio Ambiente del Ecuador. Washington, DC, Septiembre 1979.

Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos. *Mapa Hidrogeologico Nacional de la República del Ecuador*. Mapa, escala 1:1,000,000, Quito, 1983.

Organización Panamericana de la Salud. *Análisis del Sector de Agua Potable y Saneamiento en Ecuador*. Washington, DC, 1994.

Pérez, Lic. I.G. *Atlas del Ecuador*. Edición 1, Quito: Ministerio de Relaciones Exteriores, 1995.

Teran, Francisco. *Geografía del Ecuador*. Edición 6, Quito: Ministerio de Educación, 1963.

El Economista, "Ecuador, Tiempo de Limpieza." Vol. 329, No. 7838, Londres, Inglaterra, 20-26 Noviembre 1993.

UNESCO, Programa Internacional de Hidrología. Mapa Hidrogeologico de Sur América. escale 1:5000,000, 1996.

Glosario

abanico aluvial	Una extendida masa de aluvión de inclinación suave de aluvión, depositado por una corriente, especialmente en una región árida o semiárida, donde la corriente brota de un angosto cañón a una planicie o al terreno del fondo de un valle.
acuífero	Una formación, grupo de formaciones o parte de una formación que contiene suficiente material saturado permeable para producir importantes cantidades de agua para los pozos y los manantiales.
acuífero confinado	Un acuífero delimitado por arriba y por abajo por capas impermeables o por capas de permeabilidad notablemente más bajas que el mismo acuífero.
acuífero no confinado	Un acuífero donde el nivel freático es expuesto a la atmósfera a través de aberturas en el material que lo recubre.
acuífero semiconfinado	Un acuífero que no está completamente delimitado por arriba o por abajo por capas de notoria permeabilidad más baja.
aglomerado	Una piedra compuesta de fragmentos volcánicos de varios tamaños y grados de angulosidad.
agua baja	El flujo que ocurre en un arroyo durante el periodo más seco del año.
agua dulce	Agua que contiene 600 miligramos de cloruro por litro o menos, 300 miligramos por litro o menos de sulfatos y 1,000 miligramos por litro o menos de total de sólidos disueltos.
agua estancada	Agua que se regresa de su curso por una obstrucción, por una corriente opuesta o por el flujo de la marea.
agua potable	Agua que no contiene contaminación objetable, contaminación, minerales o agentes infecciosos y es considerada como satisfactoria para el consumo doméstico.
agua salina	Agua que contiene más de 15,000 miligramos por litro de total de sólidos disueltos. Sin tratamiento, el agua salina no es posible de beber.
agua salobre	Agua que contiene más de 1,000 miligramos por litro, pero no más de 15,000 miligramos por litro de total de sólidos disueltos.
agua subterránea	Agua bajo la superficie de la tierra que abastece a los pozos y vertientes, se encuentra a menudo entre la tierra saturada y la roca.
allochthon	Una masa de piedra que ha sido movida una gran distancia desde su lugar de origen, comúnmente por un proceso tectónico.
aluvial	Relacionado con el proceso o asociados con el transporte o depósito de agua que corre.
aluvión	Sedimentos depositados por agua que fluye, pueden ser depositados en el lecho de un río, planicie de inundación o delta.
andesita	Roca ígnea volcánica con granulación de fina a media, dura, densa, de color café a gris. Las andesitas son generalmente de uso moderado para las aplicaciones de ingeniería.

arcilla	Los geólogos usan el término para designar los granos sedimentarios más finos, un tamaño más pequeño que el cieno, pero existe controversia sobre el límite, el cual es determinado arbitrariamente en la mayoría de los casos en un rango que se centra alrededor de los 0.002 milímetros de diámetro.
arenisca	Una roca sedimentaria blanda a moderadamente dura compuesta principalmente de granos de cuarzo cimentados. Las rocas más duras y grandes son generalmente buenas para la mayoría de los usos en construcción. Muchos acuíferos y reservas de petróleo son de areniscas.
artesiano	Describe el agua subterránea que está bajo suficiente presión que puede subir por encima del acuífero que la contiene. Los pozos de flujos artesianos se producen cuando la presión es suficiente como para forzar el agua por encima de la superficie del terreno.
bicarbonato (HCO_3^-)	Un ion cargado negativamente el cual es de la especie de sistema de carbono dominante presente en la mayoría de las aguas y que tiene un valor entre 6.4 y 10.3 pH. Concentraciones excesivas típicamente resultan en la formación de costras.
brequia	Fragmentos de roca de tamaño de grava – o angular más grande en un material de grano más fino. Una brequia es comúnmente una roca altamente impredecible para propósitos de construcción y es evitada normalmente por el ingeniero militar.
calado	La profundidad de la parte inferior de una embarcación bajo la superficie del agua. Generalmente la cantidad mínima de profundidad del agua necesaria para permitir el movimiento seguro de una embarcación en un arroyo.
caliza	(1) Para propósitos militares, los tipos de roca que se refieren a todas las rocas sedimentarias de carbonato. (2) Roca suave a moderadamente dura compuesta de carbonato de calcio. Las variedades compactas y cristalinas generalmente son buenos materiales para todas las necesidades de construcción. Las calizas están a menudo altamente fracturadas y solubles, y a menudo producen importantes volúmenes de agua subterránea.
canal	Un canal de construcción abierta para la transportación de agua desde su fuente de abastecimiento hasta el punto de utilización.
cataclástico	Refiérese a la estructura producida en una roca por la acción de severo estrés mecánico durante metamorfismo dinámico; incluye características de doblado, quebrado y granulación de los minerales.
cenagoso	Un área pobremente drenada, intermitente o permanentemente cubierta de agua.
ciénaga	Un lago de poca profundidad, usualmente estancado, lleno de juncos, cañas, juncias y arboles.
cieno	Como un compuesto separado del suelo, son las partículas individuales de mineral que oscilan en diámetro desde su límite más alto de arcilla (0.002 milímetros) hasta el límite más bajo de arena (0.05 millimeter). Como una clase de textura de suelo, es el material que contiene 80 por ciento o más de cieno y menos del 12 por ciento de arcilla.
clástico	Consistente de fragmentos de rocas pre-existentes.
confluencia	El punto de encuentro de dos arroyos.

conglomerado	Fragmentos de rocas redondeadas a semi-redondeadas consolidadas del tamaño de la grava o más grandes en un material granulado más fino. Usualmente el conglomerado es una roca altamente impredecible para propósitos de construcción y normalmente es evitada por el ingeniero militar. Dependiendo del grado de cimentación, la perforabilidad y el potencialidad de agua subterránea puede variar significativamente.
contaminación biológica	La presencia en el agua de importantes cantidades de organismos productores de enfermedades.
contaminación química	Contaminación proveniente de desechos industriales o sintéticos.
corriente efímera	Una corriente o tramo de una corriente que fluye brevemente en respuesta directa a la precipitación local y que su canal está por encima del nivel freático.
cuarzitas	Roca extremadamente dura, granularmente fina a gruesa, masiva que se forma de arenisca. La cuarzita es una de las rocas más duras, rudas y durables. Es excelente material de construcción, pero es difícil de extraer y triturar. Usualmente son requeridos agentes antistripping con mezclas bituminosas.
cuenca	Un área baja hacia donde fluye el arroyo proveniente de cerros adyacentes. Comúnmente, una cuenca se abre hacia el océano o hacia una salida corriente abajo; pero en una región árida sin salida, una cuenca puede estar completamente rodeada por tierras altas.
cuenca colectora	El área contenida dentro de una divisoria de desagüe por encima de un punto específico en un arroyo
delta	Usualmente un depósito aluvial triangular en la desembocadura de un río. Un depósito similar en la desembocadura de una entrada de mar causada por corrientes de mareas.
descarga	Cantidad de flujo.
descenso	(1) La magnitud del cambio en la elevación de un cuerpo de agua como resultado del retiro de agua. (2) La magnitud de la baja de agua de superficie en un pozo y del nivel freático o de la superficie piezométrica adyacente al pozo, como resultado de la extracción por bombeo de agua desde un pozo. (3) En agua de superficie continua con flujo creciente, la diferencia de elevación entre los puntos de corriente arriba y corriente abajo.
deshielo de nieve	Agua proveniente de la nieve. La transformación de nieve en agua.
diabasa	Una roca intrusiva que consiste esencialmente de labradorita y piróxeno caracterizada por una textura ofítica.
efectos orográficos	Relacionado a las montañas, especialmente a su ubicación, distribución y sus efectos.
escurrimiento	La porción de la precipitación en un área de drenaje que es descargada del área a través de canales. Los tipos que se dan incluyen escurrimiento de superficial, escurrimiento de agua subterránea y filtración.
escurrimiento específico	La proporción del promedio anual total de disponibilidad de recursos de agua del país en relación a su superficie de área territorial.

esquisto	Roca metamórfica de granos finos a gruesos, foliada, compuesta de capas delgadas discontinuas de minerales paralelos. Debido a la tendencia a dividirse a lo largo de estas capas y de transformarse en losas o láminas, los esquistos son evitados por los ingenieros en construcción.
estación de medida	Una ubicación particular en un arroyo, canal, lago o represa donde las observaciones sistemáticas de información hidrológica son obtenidas.
estuario	Un pasaje en el cual la marea se encuentra con la corriente de un río; un brazo de mar que se extiende tierra adentro para encontrar la desembocadura de un río; y la parte de un arroyo que es influenciada por la corriente del cuerpo de agua.
fanglomerado	El material de un abanico aluvial en el cual los fragmentos de roca están sólo levemente gastados por el agua.
filita	Una roca en láminas que es intermedia en su composición y material entre lajilla y esquisto.
fisura	Una fractura o una grieta en una roca a lo largo de la cual existe una separación distintiva. Una fisura está a menudo llena de material mineral.
flujo de lodo	Una masa de fluido de tierra o material volcánico que se desliza hacia abajo de los angostos valles o barrancas en una región montañosa.
formación	Un cuerpo de estrata de roca que consiste dominantemente de cierto tipo o combinación de tipos litológicos.
fractura	Un quiebre en una roca sin desplazamiento significativo a lo largo de el.
geomórfico	Relacionado a la forma de la Tierra o sus características de superficie.
gneiss	Roca metamórfica granulada de medio a grueso, dura, compuesta de bandas alternantes de minerales de colores claros a obscuros. Se considera que gneiss tiene algunas aplicaciones en ingeniería.
granodiorita	Roca ígnea dura, cristalina, que está masivamente estratificada, de color gris claro a gris obscuro y granulada de medio a grueso y a menudo laminadas. Esta roca es excelente para todos los propósitos de ingeniería. Sí no está altamente fracturada o gastada, es difícil de perforar y normalmente produce poca agua subterránea.
hidrocarburos	Compuestos orgánicos de hidrógeno y carbono cuyas densidades, puntos de ebullición y de congelación aumentan así como su peso molecular aumenta. Aunque se compone de sólo dos elementos, los hidrocarbonos existen en una variedad de compuestos, debido a la fuerte afinidad del átomo de carbono por otros átomos y por si mismo. Las moléculas más pequeñas de hidrocarbonos son gaseosas; las más grandes son sólidas.
hidrogeológica	Relacionado a la hidrogeología que trata con las aguas bajo la sub-superficie y con aspectos geológicos relacionados con el agua superficial.
horsteno	Una roca sedimentaria fina-granulada de colores variables que usualmente se encuentran como vetas interestratificadas como caliza o pizarra. Usualmente el horsteno tiene pocos usos en la construcción.
infiltración	El flujo o movimiento de agua hacia adentro de la tierra.

impermeable	Capa o estrata de material a través de la cual no hay movimiento de agua.
intrusión de agua salada	Desplazamiento del agua dulce o del agua subterránea por el avance del agua salada debido a su gran densidad. La intrusión del agua salada ocurre en áreas costeras y estuarinas contaminando los pozos de agua dulce.
interfluvial	El área entre flujos de corrientes adyacentes que en general fluyen en la misma dirección.
intermitente	Describe un arroyo o tramo de un arroyo que fluye sólo en ciertas ocasiones del año, como cuando recibe agua de vertientes o de alguna fuente superficial.
intermontaña	Área entre montañas.
irrigación	La distribución artificial de agua en la tierra por una de las siguientes razones: (1) para cultivar en áreas donde la agricultura de otra forma sería difícil o imposible; o (2) para aumentar la producción de cultivos en áreas donde la precipitación es adecuada pero no es lo suficientemente consistente durante la estación de crecimiento.
lahar	Un flujo de lodo que contiene muchas partículas volcánicas.
lajilla	Una roca sedimentaria suave a moderadamente dura compuesta de partículas de cuarzo de grano muy fino. Las lajillas a menudo se desgastan o quiebran en pedazos de muy finas placas o láminas. En la mayoría de los lugares puede ser excavado sin perforar o dinamitar. Debido a la debilidad y falta de durabilidad, es un material de construcción muy pobre. La lajilla es una capa confinadora para muchos acuíferos en rocas sedimentarias.
litología	El estudio de las rocas.
lutita	Un nombre general de rocas compuestas de material que una vez fue lodo, e.j., lajilla o rocas de lodo.
manglar	Un grupo de plantas que crece en un pantano marino tropical o sub-tropical. Un pantano marino dominado por una comunidad de estas plantas.
osmosis reversa	Un avanzado método utilizado en la desalinización y que se basa en el uso de una membrana semi- permeable para separar el agua de sus impurezas. Una fuerza externa es utilizada para revertir el flujo osmótico normal y que produce que el agua se mueva de una concentración alta a una de concentración baja. La osmosis reversa es también conocida como hiperfiltración.
pantano	Un área de suelo saturado dominado por arboles y arbustos.
pantano (bog)	Un área de suelo saturado y esponjoso, primariamente consistentes de musgos y vegetación acídica en descomposición que puede transformarse en turba.
pantano salino costero	Una porción de terreno blando, húmedo y bajo que a veces es inundado con agua de mar.
patógeno	Microorganismo causante de enfermedades, tales como un virus o una bacteria.
perenne	Relacionado al agua que está disponible a través de todo el año.

Período Cuaternario	Un período de tiempo geológico desde el fin del Período Terciario al tiempo presente, durante el cual las rocas fueron formadas.
Período Terciario	Un período de tiempo geológico de 29 a 65 millones de años atrás durante el cual las rocas fueron formadas.
permeabilidad (roca)	La propiedad o capacidad de una roca porosa de transmitir un fluido. La permeabilidad es la medida de la facilidad relativa del flujo de un fluido bajo presión desigual.
piroclástico	Un tipo de roca formada por la acumulación de fragmentos de rocas volcánicas dispersas por explosiones volcánicas.
porfido	Una roca ígnea de cualquier composición que contenga phenocrysts en una masa de suelo subterráneo tierra de grano fino.
pozo	Una excavación artificial que obtiene agua de los intersticios de las rocas o tierra que penetra.
producción	Se refiere a la cantidad de agua que produce un pozo. Esta es usualmente medida en litros por minuto o galones por minuto.
punto de agua	Lugar de toma localizado cerca de la fuente de agua desde la cual el agua es extraída.
rápidos	Segmentos de gradiente pronunciada del canal del arroyo con caudales que fluyen a alta velocidad y generalmente con fondos muy irregulares y rocosos.
recarga	Adición de agua a la zona de saturación proveniente de precipitación, infiltración de arroyos superficiales y otras fuentes.
Reciente	El tiempo de división geológica más reciente, desde 10,000 años atrás, hasta el presente. Comenzando por el final del Pleistoceno. Reciente es sinónimo de Holoceno.
represa	Una barrera construida a través de un curso de agua para uno o más de los siguientes propósitos: crear un depósito; para desviar el agua hacia un conducto o canal; para crear una fuente que puede ser utilizada para generar electricidad y para mejorar la navegabilidad de los ríos. Las represas pueden ser fijas o movibles. Los tipos de represa incluyen de gravedad, arco, tierra, relleno de roca o una combinación de estos términos.
reserva	Un estanque, lago tanque, cuenca u otro espacio que es utilizado para el almacenamiento, regulación y control de agua para recreación, electricidad, control de inundaciones o agua para beber. Una represa puede ser natural o hecha por el hombre.
roca de lodo	Lodo endurecido que tiene la textura y composición de lajilla, pero no es hendible; una roca sedimentaria de grano fino en forma de cubo, en la cual la proporción de arcilla y cieno son casi las mismas.
sedimentos	Minerales sólidos y materiales orgánicos que están (1) en suspensión en el aire o el agua. (2) que descansa en una suspensión de la superficie de la Tierra, ya sea en tierra o agua.
serpentoso	Un canal de arroyo tortuoso y de muchas vueltas.

sitio de toma	Una operación de bombeo cercana a un cuerpo de agua superficial del cual el agua es retirada.
sulfato	Ion divalente cargado negativamente SO_4^{2-} que está presente en las aguas naturales. Debido a sus propiedades corrosivas medias a moderadas las concentraciones excesivas son indeseadas para la mayoría de los usos del agua. El sulfato puede tener propiedades laxativas cuando excede los niveles de 600 a 1,000 miligramos por litro.
tierra húmeda	Una área de tierra baja, tal como un pantano, ciénaga o un área estacionalmente inundada que está saturada por humedad.
total de sólidos disueltos	La suma de todos los sólidos disueltos en el agua o agua servida.
tramo	Una parte extendida del arroyo, generalmente desde un punto de cambio mayor en la pendiente. Un arroyo puede ser dividido en tres tramos–un tramo alto con la mayor pendiente, un tramo medio con una pendiente moderada, y un tramo bajo con una pendiente menor.
tufa	Una roca suave formada de fragmentos volcánicos compactos. La tufa es excavada fácilmente y tiene pocos usos en ingeniería, pero puede ser utilizada como relleno o un material de base de curso.
vacia gris	Una arenisca gruesa o conglomerado de grano fino que es usualmente de color gris oscuro y esta compuesta de fragmentos de cuarzo sub-angular o redondo, feldespato y pocos de otros minerales de color oscuro o rocas firmemente cimentadas.
vertiente	Un lugar donde el agua subterránea fluye naturalmente desde una roca o de la tierra a la superficie o dentro de un cuerpo de agua de superficie.
vertiente termal	Una vertiente caliente o tibia en la cual el agua producida ha sido calentada por procesos naturales.