

Evaluación de Recursos de Agua de Nicaragua



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

MAYO 2001

Resumen Ejecutivo

Nicaragua es un país rico en recursos hidrológicos, aunque gran parte del agua superficial este contaminada y por lo tanto no se ha desarrollado para suministro de agua potable. La mayor parte del agua contaminada proviene de aguas de uso doméstico no tratadas y de desechos industriales. Estos afluentes están siendo depositados cada vez mas en los ríos y áreas costeras sin ningún tratamiento. Existe muy poca regulación sobre las descargas de desechos y como disponer adecuadamente de ellas.

Nicaragua es uno de los países más pobres del hemisferio occidental, posee una de las tazas más altas de crecimiento poblacional de América Latina. El acceso al suministro de agua y la sanitación no es adecuada, particularmente en la parte este del país en donde la población esta esparcida. Esta inapropiada distribución de los servicios de agua contribuye a crear condiciones pobres de vida, enfermedades y un alto índice de mortalidad.

Debido a la lluvia y a los abundantes recursos de agua, podemos decir que existe suficiente cantidad de agua para cumplir con las demandas, pero lo que no existe es la administración apropiada para desarrollar y mantener los requerimientos de suministro de agua. Los mayores problemas en la administración del suministro de agua son la falta de un sector nacional encargado y la falta de una ley nacional de suministro de agua. Actualmente una ley nacional del suministro de agua esta ante el Congreso, pero aún no ha sido aprobada.

Un problema serio lo representa la deforestación y sus devastadoras consecuencias para el medio ambiente. La deforestación acelera la erosión del suelo, disminuye la cantidad de recarga a los acuíferos incrementando el escurrimiento superficial, arruina la barrera de arrecifes y ecosistemas, incrementa la turbiedad lo cual deteriora los manglares, disminuye la producción agrícola y causa problemas y aumenta el mantenimiento de los sistemas de agua y represas. Décadas de abusos propiciados a la tierra y negligencia para cuidar el medio ambiente aumentaron la devastación causada por el Huracán Mitch (1998), en el cual jugó un papel importante la deforestación.

Como resultado de la contaminación del agua superficial, se confía seriamente en el agua subterránea para el suministro de agua. Existen bastantes fuentes de suministros de agua subterránea dulce disponibles a lo largo de todo el país. Los suministros más abundantes se encuentran en acuíferos aluviales de la era cuaternaria los cuales están intercalados con materiales piroclásticos y depósitos volcánicos de las eras terciaria y cuaternaria que consisten de basaltos y flujos de lava andesítica con flujos piroclásticos y depósitos que se encuentran en la Depresión de Nicaragua y las tierras bajas del Caribe y del Pacífico. Muchos acuíferos poco profundos están siendo contaminados por contaminación superficial, por lo que se cuenta con las fuentes y los pozos más profundos para proporcionar agua potable.

Muchas agencias comparten la responsabilidad de administrar los recursos de agua del país. Un sector nacional para el suministro de agua podría aumentar la coordinación entre las agencias individuales que están trabajando para proporcionar agua y sanitación. La aprobación de una ley nacional para el suministro de agua también ayudaría para preservar y proteger los futuros recursos y suministros de agua de la nación. Programas nacionales de largo plazo para construcción de plantas de tratamiento de aguas negras para eliminar las continuas descargas de desechos en las aguas de la nación, ayudarían a reducir la cantidad de químicos y desechos biológicos que están contaminando los ríos, lagos, y agua subterránea. Un programa a gran escala para la exploración de agua subterránea, iniciándose en las áreas que tienen los mejores acuíferos, aumentaría la cantidad de agua potable disponible para el suministro de agua.

Prefacio

La oficina de Ingeniería del Comando Sur comisionó al Distrito de Mobile del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos en Mobile, Alabama y al Centro de Investigaciones de Ingeniería y Desarrollo del Cuerpo de Ingenieros, Centro de Ingeniería Topográfica en Alexandria, Virginia, para llevar a cabo una evaluación de los recursos de agua de Nicaragua. Esta evaluación tiene dos objetivos. Uno de los objetivos es proporcionar un análisis de los recursos de agua existentes e identificar algunas oportunidades disponibles para que el gobierno de Nicaragua maximice los usos de estos recursos. El otro objetivo es proporcionar a Nicaragua y a los planificadores militares de los Estados Unidos información precisa para la planificación de los diversos ejercicios conjuntos de entrenamiento militar y para ejercicios de ingeniería humanitarios de asistencia cívica.

Un grupo formado por los que firman abajo y que son especialistas en recursos de agua del Distrito de Mobile del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos y del Centro de Ingeniería Topográfica llevaron a cabo investigaciones de recursos de agua para este reporte durante 1998 al año 2000.

Thomas C. Webster
Hidrólogo
Centro de Investigaciones de Ingeniería
y Desarrollo
Centro de Ingeniería Topográfica
Teléfono: (703)428-6891
Fax: (703)428-6991
email: thomas.c.webster@usace.army.mil

Bruce Markley
Hidrólogo
Centro de Investigaciones de Ingeniería y
Desarrollo
Centro de Ingeniería Topográfica
Teléfono: (703)428-7821
Fax: (703)428-6991
email: bruce.l.markley@usace.army.mil

Laura Waite Roebuck
Geóloga y Gerente de Reporte
Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de
los Estados Unidos
Distrito de Mobile
Teléfono: (251)690-3480
Fax: (251)690-2674
email: laura.w.roebuck@sam.usace.army.mil

Tabla de Contenido

Título	Página
Resumen Ejecutivo	i
Prefacio	ii
Lista de Acrónimos y Abreviaciones	vi
Lista de Nombres de Lugares	vii
I. Introducción	1
II. Perfil del País	3
A. Geografía.....	3
B. Impactos Sociales y Población	4
C. Economía	5
D. Control de Inundaciones	5
E. Marco Legislativo.....	6
III. Usos Actuales de los Recursos de Agua	7
A. Suministro y Distribución de Agua.....	7
1. Usos Domésticos y Necesidades	8
2. Usos y Necesidades Industriales, Comerciales y Agrícolas	8
B. Hidroenergía.....	10
C. Red de Estaciones de Aforo.....	10
D. Transporte en Vías Navegables	10
E. Recreación	11
IV. Recursos de Agua Existentes	12
A. Recursos de Agua Superficial	12
1. Precipitación y clima	13
2. Regiones de Drenaje	13
3. Lagos, Reservorios, Pantanos y Lagunas	17
4. Deforestación.....	19
B. Recursos de Agua Subterránea	20
1. Definición de Acuífero y sus Características	22
2. Hidrogeología	23
C. Calidad del Agua	25
1. Agua Superficial.....	25
2. Agua Subterránea.....	26
3. Disposición de los Desechos Domésticos	27
V. Resumen de los Recursos de Agua por Departamento.....	28
A. Introducción	28
B. Condiciones del Agua por Unidad de Mapa	28
C. Condiciones de Agua por Departamento y Región Autónoma.....	29
Departamento de Boaco.....	30
Departamento de Carazo	32
Departamento de Chinandega	34
Departamento de Chontales.....	36
Departamento de Estelí.....	38
Departamento de Granada.....	40
Departamento de Jinotega	42

Tabla de Contenido (Continuación)

Título	Página
Departamento de León.....	44
Departamento de Madriz.....	46
Departamento de Managua.....	48
Departamento de Masaya.....	51
Departamento de Matagalpa.....	53
Departamento de Nueva Segovia.....	55
Región Autonomista Atlántico Norte (R.A.A.N.).....	56
Región Autonomista Atlántico Sur (R.A.A.S.).....	59
Departamento de Río San Juan.....	61
Departamento de Rivas.....	63
VI. Recomendaciones.....	65
A. Generalidades.....	65
B. Manejo y Políticas de los Recursos Nacionales de Agua.....	66
1. Comisión Nacional del Agua.....	66
2. Ley Nacional del Agua.....	67
3. Consejo Para la Administración de los Recursos de Agua.....	67
4. Evaluaciones Completas de los Recursos de Agua.....	67
5. Cámara de Compensación Nacional.....	67
6. Reuniones Nacionales e Internacionales.....	68
7. Formulación de Fuerzas de Trabajo.....	68
8. Estrategia Sugerida.....	69
C. Manejo y Protección de las Cuencas.....	69
D. Oportunidades para Ejercicios de Tropa.....	69
1. Ejercicios de Perforación de Pozos.....	69
2. Pequeños Embalses Superficiales.....	69
E. Mejoras a la Calidad y Suministro de Agua.....	70
VII. Resumen.....	71
Notas Finales.....	72
Bibliografía.....	78
Figuras	
Figura 1. Mapa de País.....	x
Figura 2. Mapa de Vecinal.....	3
Figura 3. Mapa de Precipitación.....	14
Tablas	
Tabla 1. Distribución de la Población.....	4
Tabla 2. Fuentes y Sistemas de Agua por Región.....	7
Tabla 3. Uso del Agua Subterránea por Sector, 1991.....	9
Tabla 4. Estimados de Eficiencia en Irrigación por Tipo y Fuente de Agua.....	9
Tabla 5. Ciudades con Sistemas de Tratamiento de Aguas Negras Urbanas.....	27
Apéndice A – Lista de Oficiales Consultados Y Agencias Contactadas	
Lista de Oficiales Consultados.....	A – 1
Agencias Contactadas.....	A – 2

Tabla de Contenido (Continuación)

Título	Página
Apéndice B – Glosario	
Glosario.....	B – 1
Apéndice C – Recursos de Superficial y Recursos de Subterránea	
Tablas	
Tabla C-1 Recursos de Superficial	C – 1
Tabla C-2 Recursos de Subterránea	C – 13
Figuras	
Figura C-1 Recursos de Superficial	C – 23
Figura C-2 Recursos de Subterránea	C – 25

Lista de Acrónimos y Abreviaciones

Acrónimos

ADRA	Agencia Adventista de Ayuda y Desarrollo
BID (IDB)	Banco Interamericano de Desarrollo (Inter-American Development Bank)
CARE	Cooperativa Americana para la Ayuda a Todas Partes
CEPRENAC	Centro para Coordinación en la Prevención de Desastres Naturales en Centro América
EHP	Proyecto para Protección del Medio Ambiente
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (Nicaraguan Management of Aqueducts and Sewerage)
ENAP	Autoridad Nacional de Puertos
ENEL	Empresa Nicaragüense de Electricidad (Nicaraguan Management of Electricity)
FISE	Fondo Social de Inversión Nicaragüense
PDB	Producto Doméstico Bruto
PDN	Producto Doméstico Nacional
IDB (BID)	Banco Interamericano de Desarrollo (Inter-Development Bank)
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (Nicaraguan Institute of Aqueducts and Sewerage)
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Nicaraguan Institute of Territorial Research)
IRENA	Instituto de Recursos Naturales (Institute of Natural Resources)
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal (Ministry of Agriculture and Forestry)
MARENA	Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ministry of the Environment and Natural Resources)
MIFIC	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (Ministry of Promotion, Industry and Commerce)
ONG	Organización No-Gubernamental
NOAA	Administración Nacional de la Atmósfera y Los Océanos
UNICEF	Fondo Internacional de las Naciones Unidas para la Niñez
USACE	Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (U.S. Agency for International Development)
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
SOUTHCOM	Comando Sur de los Estados Unidos
WHO	Organización Mundial de la Salud

Abreviaciones

Ca	Calcio	Mg	Magnesio	Na	Sodio
CaCO ₃	Carbonato de calcio	mL	Millilitros	NaCl	Cloruro de Sodio
Cl	Cloruro	mm	Milímetros	NO ₃	Nitrato
CO ₃	Carbonato	Mm ³	Millones de metros cúbicos	pH	Concentración ion-hidrogeno
Fe	Hierro	MPN	Número más probable	P	Fosfato
Ft ³ /s	Pies cúbicos por segundo	m ² /d	Metros cuadrados por día	SO ₄	Sulfato
gal/min	Galones por minuto	m ³ /s	Metros cúbicos por Segundo	SiO ₂	Silica
HCO ₃	Bicarbonato	m _{eq} /L	Miliequivalentes por litro	TSD	Total de sólidos disueltos
H ₂ S	Hidrógeno sulfuro	mg/L	Miligramos por litro	TSS	Total de sólidos suspendidos
K	Potasio	MW	Megawatts		
km ²	Kilómetros cuadrados				
L/min	Litros por minuto				
L/s	Litros por segundo				
L/s/m	Litros por segundo por metro				

Lista de Nombres de Lugares

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Asturias	1315N08554W
Bocana de Paiwas.....	1248N08508W
Costa del Caribe	1254N08332W
Región de Drenaje de la Costa del Caribe.....	1300N08400W
Planicie Costera del Caribe	1400N08400W
Ceilán	1235N08714W
Chococente	1131N08610W
Ciudad Darío	1243N08608W
Copalar	1254N08454W
Corriente Lira.....	1333N08550W
Departamento de Boaco	1230N08530W
Departamento de Carazo	1145N08615W
Departamento de Chinandega	1250N08705W
Departamento de Chontales	1205N08510W
Departamento de Esteli.....	1310N08620W
Departamento de Granada.....	1150N08555W
Departamento de Jinotega	1345N08535W
Departamento de León.....	1235N08635W
Departamento de Madriz.....	1330N08625W
Departamento de Managua.....	1200N08625W
Departamento de Masaya	1200N08610W
Departamento de Matagalpa.....	1255N08540W
Departamento de Nueva Segovia	1342N08610W
Departamento de Río San Juan.....	1120N08435W
Departamento de Rivas.....	1118N08545W
El Castillo de la Concepción.....	1101N08424W
El Contrabando	1204N08640W
El Dorado	1315N08552W
El Jicaral (en Río Mayales)	1203N08521W
El Jicaral (en Río Sinecapa).....	1244N08623W
El Tamarindo	1214N08643W
Esquipulas.....	1240N08549W
Estero Real.....	1255N08723W
Guana.....	1331N08557W
Tierras Altas Interiores	1255N08540W
Islas del Maíz	1215N08300W
La Flor	1108N08547W
La Gallina	1238N08658W
Lago de Managua (Lago Xolotlan)	1220N08620W
Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca).....	1130N08530W
Lago de Wani (Bismuna).....	1445N08320W
Lago Xolotlan (Lago de Managua).....	1220N08620W
Laguna Bismuna (Lago Wani).....	1445N08320W
Laguna de Apanas	1311N08559W
Laguna de Apoyeque	1215N08621W
Laguna de Apoyo	1155N08602W
Laguna de Asososca.....	1208N08619W
Laguna de Jiloa	1213N08619W
Laguna de Perlas	1233N08340W
Laguna de Wounta	1338N08334W

Lista de Nombres de Lugares (Continuación)

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Laguna Karata	1356N08330W
Laguna Pahara	1418N08315W
Las Banderas	1220N08557W
Las Brisas.....	1253N08608W
Las Enramadas	1140N08559W
Managua	1209N08617W
Masapa.....	1306N08531W
Masaya	1158N08607W
Miramar	1122N08557W
Muelle de Los Bueyes	1204N08432W
Namasli	1328N08614W
Depresión Nicaragüense	1220N08620W
Costa del Pacífico	1200N08641W
Región de Drenaje de la Costa del Pacífico.....	1230N08700W
Montañas del Pacífico	1145N08615W
Tierras bajas del Pacífico	1235N08635W
Pacora	1228N08612W
Palmira	1336N08636W
Pochomil.....	1146N08630W
Rama.....	1209N08413W
Región Autónoma Atlántico Sur	1200N08400W
Región Autónoma Atlántico Norte	1400N08400W
Río Acoyapa.....	1148N08516W
Río Amaka.....	1414N08509W
Río Atoya.....	1235N08715W
Río Bambana	1327N08350W
Río Bocay.....	1418N08510W
Río Brito	1120N08559W
Río Coco	1500N08310W
Río Escalante	1131N08610W
Río Escondido	1204N08345W
Río Esteli	1330N08616W
Río Grande.....	1138N08621W
Río Grande (Río Viejo).....	1228N08621W
Río Grande de Matagalpa	1254N08332W
Río Indio	1057N08344W
Río Kukalaya	1339N08337W
Río Kurinwas	1249N08341W
Río Malacatoya	1207N08547W
Río Mancotal	1314N08555W
Río Mayales	1152N08527W
Río Mico	1211N08416W
Río Negro	1302N08708W
Río Ochomogo	1141N08554W
Río Oyate	1138N08507W
Río Pacora	1225N08617W
Río Paiwas	1247N08507W
Río Prinzapolka	1324N08334W
Río Punta Gorda	1130N08347W
Río Rama	1209N08413W

Lista de Nombres de Lugares (Continuación)

Nombre del Lugar	Coordenada Geográfica
Río San Cristóbal	1220N08658W
Río San Diego	1155N08637W
Río San Juan.....	1056N08342W
Región de Drenaje del Río San Juan	1200N08600W
Río Sinecapa.....	1228N08625W
Río Siquia.....	1209N08413W
Río Soledad.....	1201N08639W
Río Tamarindo.....	1212N08646W
Río Tecolapa	1143N08627W
Río Telica	1223N08703W
Río Tipitapa	1205N08553W
Río Tular.....	1142N08624W
Río Tule.....	1120N08452W
Río Tuma.....	1303N08444W
Río Viejo (Río Grande).....	1228N08621W
Río Villa Nueva.....	1252N08656W
Río Wawa.....	1353N08328W
Salto Grande	1232N08436W
San Carlos.....	1107N08447W
San Juan del Sur.....	1115N08552W
San Pedro del Norte.....	1303N08444W
Santa Bárbara	1246N08614W
Santa Rosa.....	1150N08522W
Sitio de la Presa de Sarapiquí (sitio planeado para construcción de una presa).....	1043N08356W
Tipitapa.....	1212N08606W
Trapichito.....	1242N08522W
Uruskirna	1419N08509W
Waspam	1444N08358W
Yasica.....	1303N08545W

Las coordenadas geográficas para los nombres de lugares y características principales están en grados y minutos de latitud y longitud. La latitud se extiende desde 0 grados en el Ecuador a 90 grados norte o sur de los polos. La longitud se extiende desde 0 grados en el meridiano de Greenwich, Inglaterra a 180 grados este o oeste en el Océano Pacífico cerca de la línea internacional del día. Las coordenadas geográficas enumeran primeramente la latitud para el hemisferio norte (N) o hemisferio sur (S) y después la longitud para el hemisferio oriental (E) o occidental (W). Por ejemplo:

Asturias..... 1315N08554W

Las coordenadas geográficas para Asturias que se dan como 1315N08554W son igual a 13°15' N 85°54' W y pueden ser escritas como latitud de 13 grados y 15 minutos norte y longitud de 85 grados y 54 minutos oeste. Las coordenadas son aproximadas. Coordenadas geográficas son lo suficientemente precisas para localizar características en un mapa de escala del país. Las coordenadas geográficas para los ríos generalmente se localizan en las desembocaduras.

I. Introducción

El agua sin duda constituye el recurso humano más indispensable, ya que alimenta y sustenta todas las cosas vivientes. Por lo menos 400 millones de personas en el mundo viven en regiones donde el agua es escasa. Se presume que para el año 2050 seremos 4 billones de personas en el planeta. Se cree que por lo menos 5 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con la carencia de agua. El bajo suministro de agua potable que se ha proyectado podría resultar en el desastre natural más desastrosos que la historia haya podido registrar, a menos que se haga algo para impedirlo. Entre los principales desafíos globales del siglo 21 relacionados con el medio ambiente se encuentran los recursos de agua.

Existe una relación directa entre la abundancia de agua, la densidad de la población y la calidad de vida. A medida que la población mundial crece, la presión ejercida sobre los limitados recursos de agua también crece. A menos que los recursos de agua sean administrados correctamente, la carestía de este elemento puede constituir un bloqueo para el progreso económico y social. Uno de los factores más importantes en el desarrollo de las sociedades modernas es el suministro abundante de agua. Los dos factores más importantes en el desarrollo de los recursos de agua son la cantidad y la calidad. La disponibilidad de agua para propósitos de limpieza está directamente relacionada con el control y eliminación de las enfermedades. La conveniencia de disponer de agua mejora la calidad de vida.¹ En los países desarrollados, el uso del agua baja de 40 litros por día por persona cuando el agua es suministrada a los hogares a 15 litros por día por persona, cuando la fuente se encuentra a una distancia de 200 metros. Si la fuente de agua se encuentra a más de 1,000 metros de distancia, el uso del agua baja a menos de 7 litros por persona por día.² El suministro de agua debe de ser abundante y tener características de calidad específicas, tales como baja concentración de total de sólidos disueltos (TSD).

La concentración de TSD en el agua, afecta los usos domésticos, agrícolas, industriales y comerciales. Los componentes naturales no-tóxicos del agua no constituyen un impedimento para el uso doméstico hasta que la concentración de TSD excede los 1,000 miligramos por litro. A medida que los valores de TSD aumentan a más de 1,000 miligramos por litro, el uso de agua para fines comerciales, industriales y agrícolas disminuye. Además de los TSD existen otros factores que afectan la calidad del agua. Estos factores incluyen la cantidad de organismos causantes de enfermedades, la presencia de componentes químicos, metales y cierto tipo de iones naturales que pueden ser dañinos en altas concentraciones.

El propósito de esta evaluación es documentar la situación general de los recursos de agua en Nicaragua. Este trabajo incluye la descripción de los mayores recursos de agua existentes en el país; identificación de necesidades y oportunidades de recursos de agua; documentar actividades para desarrollar recursos de agua que se están llevando a cabo o en etapa de planificación; y sugerir enfoques prácticos para el desarrollo de recursos de agua a largo y corto plazo. Esta evaluación es el resultado de información obtenida en el país durante viajes de recolección así como también de información obtenida en los Estados Unidos por parte de tres profesionales en los recursos de agua. El alcance del trabajo fue condensado según "opinión profesional" dado el tamaño del país y los reportes técnicos disponibles con respecto a los diversos aspectos de los recursos de agua de Nicaragua.

La información aquí presentada puede ser usada para apoyar inversiones actuales y futuras en lo que se refiere a la administración de los recursos de agua del país, así como también para ayudar a los planificadores militares durante ejercicios militares de

ingeniería. Las gráficas de agua superficial y de agua subterránea complementadas por las tablas en el Apéndice C, serán de mucha utilidad para los planificadores de los recursos de agua, para que puedan apreciar en forma general los recursos de agua disponibles a escala del país. La gráfica del agua superficial divide el país en regiones de agua superficial, basándose en cantidades de agua disponibles. La gráfica del agua subterránea divide el país en regiones que tienen características de agua subterránea similares.

Además de ayudar a los planificadores militares, esta evaluación puede ayudar al país haciendo resaltar las áreas de necesidad crítica, lo cual sirve para apoyar el desarrollo de recursos potenciales de agua, preservación y aumentar los programas de financiamiento. Los problemas que se resaltan son la falta de acceso a suministros de agua por parte de la mayoría de la población, la baja densidad de la población en la mayoría del país, la falta de plantas para tratamiento de aguas negras, los efectos desbastadores causados a los recursos de agua por la deforestación, y la falta de información hidrológica. Los planes para el manejo de las cuencas deberán ser activados para controlar la deforestación y para administrar los recursos de agua.

La responsabilidad de supervisar la situación de los recursos de agua de Nicaragua es compartida por varias agencias del gobierno e instituciones. El grupo de evaluadores del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos se reunió y consultó con las organizaciones que poseen más influencia en la decisión de prioridades y establecimiento de metas en lo referente al manejo de los recursos de agua (Ver Apéndice A). La mayoría de estas agencias llevan a cabo su misión con muy poca o ninguna coordinación con otras agencias, esto ocasiona duplicidad en el trabajo y uso ineficiente de los recursos.

II. Perfil del País

A. Geografía



Figura 2. Mapa de Vecinal

Nicaragua, con sus 129,494 kilómetros cuadrados de territorio es el país más grande de Centro América. Podemos comparar su extensión con el Estado Norteamericano de Nueva York. Nicaragua comparte fronteras con Costa Rica hacia el sur; con Honduras hacia el norte con el Mar Caribe hacia el este y con el Océano Pacífico hacia el oeste.

La geografía física del país se divide en tres zonas principales: Las tierras bajas del Pacífico, las tierras altas centrales, y las tierras bajas del Caribe. Las tierras bajas del Pacífico se extienden aproximadamente 75 kilómetros tierra adentro de la costa del Pacífico. La mayor parte de esta área es plana, a excepción de un cinturón de volcanes jóvenes entre el Golfo de Fonseca y el Lago de Nicaragua. Estos volcanes se encuentran hacia el este de una zona bien definida que forma un valle largo y bajo, y se extiende desde el Golfo de Fonseca hasta la región fronteriza con Costa Rica a lo largo de la costa del Caribe. Dos de los más grandes lagos de agua dulce de Centro América se encuentran en este valle, el Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca) y el Lago de Managua (Lago Xolotlan). La parte occidental de Nicaragua se sitúa en el punto de unión entre placas tectónicas colindantes, esto da como resultado una alta incidencia de terremotos y de actividad volcánica. La región de las tierras bajas del Caribe no está muy habitada, y cubre casi la mitad del territorio. Consiste de bosques tropicales y sabanas de pinos. La cruzan muchos ríos en su trayectoria hacia el mar Caribe. Las tierras bajas del este, llamadas “Costa del Mosquito” son pantanosas e irregulares.

Ya mencionamos que debido a que la parte occidental de Nicaragua está localizada en el punto donde dos placas tectónicas principales colindan, está sujeta a terremotos y erupciones volcánicas. El 60% de la población habita en esta muy inestable zona. Aunque erupciones volcánicas periódicas han causado daños en la agricultura debido a fumarolas y lluvias de ceniza, los terremotos han sido mucho más destructivos causando pérdidas de vida y pobreza. La mayoría de los volcanes están localizados en una faja angosta que se extiende a través de Managua. En 1972 un terremoto destruyó el centro de la capital matando a más de 5,000 personas. Las inundaciones causadas por los huracanes algunas ocurren a lo largo de la escasamente poblada costa del Caribe. La parte occidental de Nicaragua sufre ocasionalmente de largos períodos de sequía. En el año 1998, el huracán Mitch causó grandes daños en Nicaragua. Vea las figuras 1 y 2 para información geográfica general.^{3,4,5,6}

B. Impactos Sociales y Población

Nicaragua es uno de los más grandes y menos poblados países de Centro América. A principios de 1990 la población del país se estimaba en más de 4 millones de personas. La población estimada para el año 2001 es de 4,812,569. El estimado de la tasa de crecimiento oscila de 2.3 a 3.4%, esta es una de las más grandes de América Latina. Desde 1950 Nicaragua ha mantenido una alta tasa de crecimiento poblacional y un rápido crecimiento urbano, se espera que ambos continúen a ese ritmo en el siglo 21. La mayor parte del crecimiento urbano se concentra en la capital, Managua. Vea la tabla 1 donde se muestran los números poblacionales de 1995 por departamento y región.

Tabla 1. Distribución de la Población

Departamento o Región Autónoma*	Población	Area Aproximada (km²)
Boaco	136,949	4,244
Carazo	149,407	1,050
Chinandega	350,212	4,926
Chontales	144,635	6,378
Estelí	174,894	2,335
Granada	155,683	929
Jinotega	257,933	9,755
León	336,894	5,107
Madriz	107,567	1,602
Managua	1,093,760	3,672
Masaya	241,354	590
Matagalpa	383,776	8,523
Nueva Segovia	148,492	3,123
Río San Juan	70,143	7,473
Rivas	140,432	2,155
Atlántico Norte*	192,716	32,159
Atlántico Sur*	272,252	27,407
Total	4,357,099	121,428

Fuente: Censo Nacional, 1995.

La población ha estado históricamente distribuida en forma desigual a lo largo del país. La mayor parte de la población se concentra en las tierras bajas del Pacífico, siendo las tierras bajas del Caribe escasamente pobladas. Aproximadamente el 60% de la población reside dentro de los angostos confines de las tierras bajas del Pacífico, las cuales constituyen únicamente 15% del área territorial del país. Aproximadamente el 25% de la población total del país se encuentra en Managua. Las tierras bajas del Caribe cubren

más de la mitad del territorio nacional y albergan a menos del 10% de la población. Con todo, aproximadamente el 45% de la población total de Nicaragua es rural.

El explosivo crecimiento de la población y la rápida urbanización magnifican muchos de los problemas de desarrollo que tiene Nicaragua. La alta tasa de nacimientos ejerce presión sobre los inadecuados sistemas de salud y educación del país, así como también el aumento poblacional ejerce una carga pesada sobre el medio ambiente. La urbanización rápida requiere grandes inversiones en infraestructuras de transporte y sanitarización.^{7,8,9,10}

C. Economía

La economía de Nicaragua, desbastada durante la década de los años 80 debido a malos manejos administrativos y a la guerra civil, está apenas recuperándose. En el año de 1991 Nicaragua inicia reformas de libre mercado después de 12 años de régimen sandinista en el cual la economía bajó enormemente. La economía empezó a expandirse en 1994, y el crecimiento económico se elevó rápidamente en el período de 1995-1997, esto ocurrió por las exportaciones y los esfuerzos de aumentar el libre comercio. A pesar de este crecimiento económico, Nicaragua continua siendo la segunda nación más pobre en el hemisferio con una tasa de producto doméstico bruto per capita de (PDB) \$438. El desempleo continua siendo un problema que ejerce mucha presión, casi la mitad de la fuerza de trabajo del país está desempleada o empleada en condiciones muy bajas.

Nicaragua es un país principalmente agrícola, la mayor parte del potencial de inversión y crecimiento se encuentra en esta área. El rubro agrícola emplea aproximadamente el 45% de la fuerza de trabajo. La producción está grandemente orientada hacia la exportación del café y algodón, elementos que generan aproximadamente la mitad de las exportaciones totales. Las bananas, azúcar, tabaco, ajonjolí, arroz, maíz y la carne constituyen elementos importantes en la exportación. La producción agrícola abarca un 26% del PDB de Nicaragua. Este sector creció 15.4% en 1996, haciendo de la agricultura uno de los rubros más dinámicos del país. El gobierno está poniendo un gran énfasis en la reactivación de la economía. Sin embargo, gran parte del énfasis que se le da a la recuperación económica depende de la explotación de las abundantes reservas forestales, esto puede causar daños irreparables al medio ambiente.

La rápida expansión del turismo se ha convertido en el tercer elemento más grande de divisas para el país.^{11,12,13,14}

D. Control de Inundaciones

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) es la agencia responsable por el control de inundaciones. Actualmente, INETER está trabajando con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y la Administración Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration) (NOAA) en un sistema de alerta anticipada para prevenir inundaciones.¹⁵

El Centro para la Coordinación de la Prevención de Desastres Naturales en Centro América (CEPREDENAC) fue establecido en 1988 para iniciar y promover la cooperación regional en el área Centro Americana en lo que se refiere a la prevención y el alivio de desastres naturales, incluyendo terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones y deslaves. Un modelo matemático del Tiempo Real en el Pronóstico y Control de Inundaciones en Centro América es un proyecto para pronosticar y controlar las inundaciones. Como parte del proyecto, se están estableciendo centros nacionales en todos los países de Centro América. En estos centros nacionales se están instalando

computadoras y el modelo matemático MIKE 11 para el pronóstico matemático de inundaciones y encauce de ríos. Los sistemas para encauce y pronóstico de inundaciones están siendo instalados y probados en las cuencas de los ríos en cada país de Centro América.¹⁶

Los costos dejados por las inundaciones causadas por el Huracán Mitch (1998) en Nicaragua se estiman en los \$1.5 billones de dólares. Aproximadamente 40 pulgadas de lluvia cayeron sobre Nicaragua en un período de 3 días durante el huracán. En los lugares donde no había árboles y muy poca vida vegetal, no se pudo detener el escurrimiento causado por la lluvia. Grandes cantidades de agua se apresuraban desde las montañas y los campos hacia los ríos causando inundaciones y deslizamientos de lodo de grandes proporciones. La deforestación juega varios papeles en la ecuación de las inundaciones, ya que los árboles evitan el escurrimiento de sedimento y los bosques detienen y usan más agua que las tierras agrícolas o pastizales. La deforestación tiene un segundo impacto en las inundaciones, este es que el sedimento se deja correr libremente. Grandes cantidades de tierras erosionadas se lavan en los ríos, haciendo los canales de estos más angostos y limitando la eficiencia del río para transportar el agua sin que se desborde.^{17,18}

E. Marco Legislativo

Nicaragua no cuenta con una ley integral para el suministro de agua. Numerosas agencias y organizaciones comparten la responsabilidad de supervisar los recursos y el suministro de agua. Los problemas fundamentales con los recursos y el suministro de agua son la falta de leyes y regulaciones así como también la falta de un sector único para administrar el agua. Existen algunas leyes para proteger el medio ambiente pero no existe una ley para el sistema de suministro de agua. Actualmente el Congreso está considerando una ley para el suministro de agua, esta no ha sido pasada todavía. La Ley Ambiental General No. 217 establece que la entidad reguladora es también la entidad que supervisa su cumplimiento. También el decreto 3395 establece los límites de concentración máxima de materiales en la disposición de desechos y prohíbe ciertos materiales. Sin embargo, no existe una ley que controle la disposición inadecuada de los desechos. Muchas de las agencias y organizaciones tienen a su cargo asuntos específicos relacionados con el agua. El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) controla la calidad del agua, y es el encargado de la protección del agua subterránea. El Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC) es el que permite la explotación de los recursos de agua, y emite los permisos para el uso del agua. El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) regula la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), esta es la agencia nacional del gobierno para servicios de suministro y sanitación de agua. ENACAL, creada en 1998, estableció un plan de protección para pozos y regula las organizaciones de ayuda y agencias que trabajan a través de todo el país para proporcionar agua. La división de Recursos de Agua INETER recoge, procesa y publica información hidrológica y asume la responsabilidad por el control de inundaciones. El Fondo de Inversión Social de Nicaragua (FISE) es una entidad gubernamental que principalmente proporciona fondos para desarrollar proyectos de agua. La Ley 290 está siendo desarrollada, esta definirá las responsabilidades con respecto al sistema de agua y para cada institución.

La Cooperativa para la Asistencia Americana a Todas Partes (CARE), La Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), Salvando a los Niños, El Proyecto de Salud Ambiental (EHP), La Agencia de Ayuda y Desarrollo Adventista (ADRA) (un grupo misionero), Proyecto de Ayuda Internacional y el Plan Internacional Nicaragua; son las agencias de ayuda más grandes que están trabajando para proporcionar servicios de suministro de agua y sanitación. Siendo CARE la agencia de ayuda más grande que está trabajando en suministro de agua y sanitación, principalmente en el Departamento de León, Chinandega, Matagalpa y Jinotega, en áreas rurales de 150 a 3,000 personas. El proyecto

EHP de 12 millones de dólares es el nuevo proyecto de USAID para suministro de agua y sanitación. El nuevo trabajo del USAID relacionado con el agua y sanitación en Nicaragua se debe al Huracán Mitch. El Banco Mundial y el Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID) están financiando la mayoría de los proyectos de agua.

III. Usos Actuales de los Recursos de Agua

A. Suministro y Distribución de Agua

La falta de suministro de agua es un serio problema, aunque el país tiene un promedio anual de lluvia de más de 2,000 milímetros. La distribución desigual de la lluvia y de la población, sumado al deficiente manejo de los recursos disponibles, son las causas principales del problema del suministro de agua.

INAA regula ENACAL, que es la agencia nacional del gobierno para servicios de suministro de agua y sanitación. ENACAL también regula las organizaciones y agencias de ayuda que trabajan a lo largo del país para proporcionar agua. Se estima que ENACAL proporciona aproximadamente el 55% de los servicios de suministro de agua en el país; la cobertura urbana es de 77% y la cobertura rural es de 31%.¹⁹ Sin embargo, de acuerdo con el reporte anual de ENACAL 1997/1998, el total de la población que posee servicios de agua se estima en 63%, de este porcentaje el 83% está en áreas urbanas y 33% en áreas rurales. La población urbana con acceso a servicios de aguas negras fue estimada en 32%.²⁰ Aproximadamente el 42% de las fuentes de suministro de agua no poseen suficiente cantidad de agua, especialmente durante la estación seca de noviembre a abril. Durante la estación seca algunas veces se tiene que suspender el suministro por algunos días.²¹

Aproximadamente el 73% del suministro de agua proviene de fuentes subterráneas.²² Otros registros indican que tanto como el 90% proviene de fuentes subterráneas. En Managua debido a la escasez general de agua, una pequeña laguna y el Lago de Nicaragua son considerados como fuentes adicionales de agua.²³

Un problema crítico en el suministro de agua es la corta duración de muchos pozos. Muchos se secan después de un par de años de ser instalados debido que los niveles de agua bajan. Las bombas de agua manuales pueden acarrear agua desde aproximadamente 67 metros. Esto es considerado un problema serio en lugares donde no hay energía eléctrica y donde el agua se encuentra a grandes profundidades.²⁴

Las fuentes de agua y el número de sistemas se desglosan por región en la tabla 2. a continuación.

Tabla 2. Fuentes y Sistemas de Agua por Región

Región	No. De Sistemas	Sistemas por Tipo de Recurso		
		Agua Subterránea	Agua Superficial	Mezcla
Pacífica	82	74	4	4
Central	62	29	29	4
Atlántica	4	3	1	--
Total	148	106	34	8

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, *Situación de los Recursos Hídricos de Nicaragua Informe del País*, Managua, Diciembre 1991.

El guión indica que la información no está disponible.

1. Usos Domésticos y Necesidades

a. Áreas Urbanas

La negligencia y el poco mantenimiento dado a los sistemas de distribución de agua crea muchos problemas, tales como el incendio que puso fuera de servicio 14 pozos en la ciudad en Junio del 2000 en Managua. Existen en Managua más de 200,000 conexiones ilegales, estas consumen aproximadamente 40% del agua de la ciudad.

Managua depende de un sistema combinado compuesto de 83 pozos y la Laguna de Asososca, que es un cráter.²⁵ Sin embargo, la Laguna de Asososca se usa principalmente como un reservorio de emergencia. Managua posee un sistema de distribución y almacenamiento de agua muy sofisticados, en contraste con los sistemas simples existentes en las áreas rurales. La clorinación constituye el único método de tratamiento de agua. Aproximadamente 97% del suministro de agua en áreas urbanas está clorinado.²⁶

Existen aproximadamente 15 sistemas de distribución sirviendo a más o menos 180 comunidades a través de todo el país, estos han sido instalados por ENACAL. Este servicio se suministra aproximadamente a 2.5 millones de personas. Durante 1997 y 1998, ENACAL construyó servicios de agua potable en 40 comunidades urbanas, 3 de los cuales no habían tenido servicio anteriormente. También durante este período, fueron instaladas más de 512 kilómetros de líneas de distribución de agua, 24 pozos nuevos fueron perforados, 55 estaciones de bombeo fueron construidas o rehabilitadas y 39 tanques de almacenamiento fueron construidos.^{27,28}

b. Áreas Rurales

ENACAL-DAR es la agencia responsable del suministro de agua en las áreas rurales. El suministro de agua en las áreas rurales constituye un gran problema. La mayoría de los pozos han sido cavados a mano y tienen una profundidad de 15 metros. Los más grandes tienen 60 metros de profundidad y 1.5 metros de ancho.²⁹ Los sistemas de distribución y almacenamiento en las áreas rurales son muy simples. ENACAL dona los pozos de agua y las comunidades son responsables por el mantenimiento, operación y tratamiento de estos pozos. Estos sistemas rurales están diseñados para cada centro rural en particular. Aproximadamente el 60% de los fondos para los sistemas de agua rurales proviene de donantes como lo es UNICEF y también de parte de otros países, el 40% restante proviene del Gobierno de Nicaragua.

La baja densidad poblacional de aproximadamente 8 personas por kilómetro cuadrado constituye un gran problema en el suministro a la población rural, haciéndolo muy caro. De acuerdo con el censo de 1995, el 46% de la población de Nicaragua es rural.³⁰ ENACAL no proporciona servicios de agua y sanitarización en las áreas autónomas del este del país, conocidas como Región Autonomista Atlántico Norte (R.A.A.N.) y Región Autonomista Atlántico Sur (R.A.A.S).³¹ Estas áreas autónomas están escasamente pobladas. (Ver tabla 1).

2. Usos y Necesidades Industriales, Comerciales y Agrícolas

Los usos y necesidades agrícolas de agua subterránea comparados a las extracciones de agua potable llevadas a cabo por ENACAL son muy pequeños, tal como se muestra en la tabla 3 a continuación.

Tabla 3. Uso del Agua Subterránea por Sector, 1991

Sector	Extracción (Mm ³)
INAA/ENACAL	98.01
Municipal	6.65
Industrial	5.88
Agrícola	1.24
Total	111.82

Fuente: Agencia Japonesa de Cooperación Internacional, Resumen del Estudio de Suministro de Agua en Managua, Tokio, Japón: Compañía Kokusai Kogyo Ltd., Septiembre 1993.

La disponibilidad de agua para usarse en irrigación en el futuro es ilimitada. El agua superficial puede ser usada en irrigación a grandes escalas en la Región del Pacífico, teniendo un potencial aproximado de 16,233 millones de metros cúbicos por año. Esto incluye el lago de Nicaragua con un valor de 15,800 millones de metros cúbicos por año; el Río Viejo con 100 millones de metros cúbicos por año y tres posibles reservorios de 100 millones de metros cúbicos por año. Se estima que un total en todo el país de 17,196 millones de metros cúbicos por año está disponible para irrigación proveniente de fuentes de agua subterránea.

En la región del Pacífico aproximadamente el 30% del potencial de agua subterránea y el 15% del agua superficial explotable es usada. La mayor parte del agua capturada (subterránea y superficial) se usa para irrigación de 75,000 hectáreas.³² En comparación el uso doméstico e industrial es muy bajo.

Los siguientes son estimados de la eficiencia en la irrigación:

- Sistemas de Pivote o Rociadores = 70%;
- Sistemas de Gravedad = 57%; y
- Tipo Arroz = 70%.

Los siguientes son estimados de la eficiencia en la distribución:

- Irrigación de Agua Subterránea = 90%; y
- Irrigación de Agua Superficial = 60%

La tabla 4 muestra la eficiencia global por método de irrigación y fuente de agua.

Tabla 4. Estimados de Eficiencia en Irrigación por Tipo y Fuente de Agua

Sistema	Fuente de Agua	Eficiencia
Rocío/Pivote	Agua Subterránea	63%
Gravedad	Agua Subterránea	51%
Arroz	Agua Subterránea	63%
Rocío/Pivote	Agua Superficial	42%
Gravedad	Agua Superficial	34%
Arroz	Agua Superficial	42%

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, "Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos, Anexo B, Calidad de Agua Información Adicional," Managua, Sin fecha.

Los grados de eficiencia mostrados arriba son para sistemas que están en buenas condiciones de trabajo. Los grados de eficiencia pueden reducir debido al deterioro de

muchos sistemas de pivote o rocío; falta de nivelación en los sistemas por gravedad y falta de asistencia técnica y entrenamiento para dar mantenimiento los sistemas. La eficiencia del sistema tipo arroz es alta debido a la permeabilidad de los suelos. El grado general de eficiencia de los sistemas de irrigación en el país se estima menor del 20%.

B. Hidroenergía

La empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) es responsable por la generación, transmisión y distribución de energía a Nicaragua. ENEL está en proceso de privatización. En 1998 el 35% de la energía eléctrica del país fue suministrada de fuentes hidroeléctricas. Existen dos presas hidroeléctricas grandes y varias plantas más pequeñas en el país. Una planta hidroeléctrica grande fue terminada en 1989 en Asturias, otra planta grande fue terminada en 1994. Estas dos plantas sufrieron bastante daño durante el Huracán Mitch (1998). Las fuentes geotérmicas constituyen el potencial más grande para producir las necesidades del país. Actualmente, la mayor parte de la energía proviene de plantas termales de combustible. De acuerdo con la Revista Internacional de Presas e Hidroenergía, Nicaragua está planeando dos nuevos proyectos hidroeléctricos con capacidades de 20 y 25 megawatts.^{33,34,35,36,37,38,39}

C. Red de Estaciones de Aforo

INETER es la agencia responsable de la recolección de información. Sin embargo, NOAA y USGS son las únicas entidades que actualmente están instalando estaciones de aforo. El Banco Mundial está trabajando con NOAA y USGS en la selección de lugares para determinar lugares adicionales. La red hidrológica incluye monitoreo hidrográfico, monitoreo de tiempo real y pronóstico de inundaciones en ciertas cuencas por medio de sistema de satélite. En 1992, se monitorearon 15 estaciones; en 1997 se monitorearon 54 estaciones y en 1998 se monitorearon 37 estaciones. 27 estaciones fueron destruidas en 1998 durante el Huracán Mitch. En 1999 se monitorearon 42 estaciones y en el año 2000 se monitorearon 49 estaciones. De las 49 estaciones que están siendo monitoreadas actualmente, 5 son vía satélite.^{40,41,42}

D. Transporte en Vías Navegables

El país posee 2,220 kilómetros de vías navegables en tierra. Incluidos en estas están dos grandes lagos, el Lago de Managua y el Lago de Nicaragua; seis puertos marítimos, tres en la costa del Pacífico y tres en la costa del Atlántico. Los puertos son operados por la autoridad gubernamental, Empresa Nacional de Puertos (ENAP). El puerto más indicado para embarques comerciales es el de Corinto en la costa del Pacífico, 177 kilómetros al noroeste de Managua. Otros dos puertos se encuentran en la costa del Pacífico y tres en la costa del Atlántico. Debido a la pobre infraestructura y al alto costo de operación, la mayoría de los contenedores marítimos y carga de fruta fresca son enviados por tierra a Puerto Limón en Costa Rica y Puerto Cortez en Honduras, desde donde son embarcados.^{43,44}

Desde finales del siglo 19, Nicaragua se ha hecho notar por la posibilidad de construir un canal interoceánico. Por diversas razones políticas y de otra índole, se escogió la ruta del Canal de Panamá y no la ruta del canal de Nicaragua. Debido a los numerosos problemas potenciales con el canal de Panamá, se está considerando nuevamente el canal de Nicaragua. Una parte considerable del canal utilizaría al Río San Juan y al enorme lago de Nicaragua, necesitando únicamente 19 kilómetros de canal nuevo. Esto haría una gran diferencia en los embarques. Las rutas entre los puertos de las costas este y oeste serían acortadas por 845 kilómetros, equivalente a un día o más de navegación. Barcos más

grandes de los que llegan al canal de Panamá podrían ser acomodados en el canal de Nicaragua. El obstáculo más grande para el canal de Nicaragua es el costo.⁴⁵

Los ríos constituyen la principal avenida para transporte en la región del Caribe. La travesía de Managua a Bluefields dura 5 horas en bote navegando en el Río Escondido. El Río San Juan en el sur, cerca y a lo largo de la frontera con Costa Rica, es navegable desde el Lago de Nicaragua en San Carlos hacia el Caribe en San Juan del Norte.⁴⁶ El Río Prinzapolka es también navegable, los nativos usan el Río Coco para transportar pequeñas cosechas, etc.⁴⁷

E. Recreación

En 1996 el turismo constituyó el tercer elemento más importante en la fuente de divisas. La industria ofrece buenas oportunidades para la inversión extranjera, especialmente en ecoturismo y proyectos en el mar.⁴⁸ Debido a que la diversidad de recursos del país se relacionan con el agua, Nicaragua tiene un gran potencial turístico. Existen playas en las costas del Atlántico y del pacífico, lagos y lagunas e islas en el Caribe. El lago de Nicaragua con 8,157 kilómetros cuadrados es el lago más grande de Centro América. Alberga un total de 500 islotes tropicales pequeños, esos no solamente son albergues naturales para las orquídeas y los pájaros tropicales pero también son ricos en herencia arqueológica. El lago alberga peces raros, incluso los únicos tiburones de agua dulce. Muchas otras áreas en el país incluyendo la Isla de Ometepe, el Río San Juan, y la Isla del Maíz Pequeña tienen gran potencial para el desarrollo del ecoturismo.

La Isla del Maíz en el Caribe ofrece una de las mejores áreas para retiros y tiene gran potencial para desarrollar la navegación, la pesca deportiva y el buceo. Las características que ofrece el lugar incluyen agua color turquesa, playas de arena blanca con palmeras de coco y arrecifes de coral. En la costa del Caribe, la única parte que generalmente visitan los viajeros es Bluefields. El único medio de transporte para llegar a algunos lugares es por bote, especialmente en la costa del Caribe y el lago de Nicaragua.^{49,50} La costa del Caribe posee 450 kilómetros de playas. Los ríos constituyen el método principal de transporte en la región.⁵¹

Las playas del Pacífico se extienden 305 kilómetros desde el Golfo de Fonseca en la frontera con Honduras hasta la frontera con Costa Rica en el sur. El área de Pochomil a una hora de Managua, es un área popular de vacaciones asentada en una bahía muy bella. También San Juan del Sur, cerca de Costa Rica tiene una linda bahía y sirve como puerto de cruceros. En las aguas de esta bahía abundan los marlins azules, los peces espada y muchas otras especies. Las playas de La Flor y Chacocente, cerca de San Juan del Sur, constituyen refugios de vida salvaje protegidos, donde llegan las tortugas marinas a poner sus huevos.⁵²

IV. Recursos de Agua Existentes

A. Recursos de Agua Superficial

Nicaragua posee abundantes recursos de agua superficial. Sin embargo, estos recursos son altamente estacionales y su distribución es desigual. La mitad oriental del país está compuesta principalmente por las dos regiones autónomas, R.A.A.N. y R.A.A.S. Esta mitad del país posee una sobre abundancia de agua superficial. Los principales ríos constituyen las principales fuentes de agua superficial. A lo largo de la costa del Caribe existe agua de salobre a salina en lagunas costeras y estuarios. Los efectos de las mareas se extienden por varios kilómetros tierra adentro. Sin embargo, en la mitad occidental de Nicaragua, donde viven aproximadamente el 90% de la población del país, la disponibilidad de agua superficial es altamente estacional. La mayoría de los ríos en la mitad del país se secan durante la estación seca de diciembre a abril. Sequías recientes han impactado aun más la disponibilidad de agua superficial. Únicamente el Lago de Nicaragua y el Lago de Managua son fuentes confiables durante todo el año. Fuentes de agua de salobre a salina existen en el estuario del Estero Real y en pantanos a lo largo de la costa del Pacífico.

Entre los problemas ambientales asociados con los ríos se pueden mencionar:

- Contaminación por pesticidas y agroquímicos en áreas de cultivos intensivos (donde los cultivos principales son café, bananos, vegetales y otros cultivos);
- Descarga de aguas negras provenientes de ciudades y áreas populosas;
- Descarga de desechos, incluyendo mercurio y cianuro proveniente de áreas mineras; y
- Erosión excesiva causada por la deforestación.

El acceso a los recursos de agua superficial es generalmente difícil en la mayor parte del país debido al terreno montañoso y la densa vegetación.

El agua superficial fluye hacia el mar Caribe (Océano Atlántico) y al Océano Pacífico. Aproximadamente el 90% de la superficie del país drena en el Mar Caribe, el resto drena en el Océano Pacífico. Aproximadamente 96% de la descarga anual de agua superficial entra en el Mar Caribe y el resto se descarga en el Océano.⁵³ Para propósitos de este estudio, Nicaragua ha sido dividida en tres regiones de drenaje: la región de drenaje de la costa del Caribe; la región de drenaje del Río San Juan; y la región de drenaje de la costa del Pacífico. Cada región posee varias cuencas de drenaje.

A través de toda la región de drenaje de la costa del Caribe, el agua superficial perenne está generalmente disponible proveniente de ríos, lagos y pantanos. Estas fuentes son numerosas y cercanas. La gran cantidad de lluvia asociada con el clima tropical húmedo proporciona una sobre abundancia de agua superficial. En la región de drenaje del Río San Juan, el agua superficial proveniente de los ríos está disponible estacionalmente. La mayoría de los ríos son intermitentes y se secan durante la estación seca de diciembre a abril. La excepción es el Río San Juan, el cual es perenne. Las fuentes predominantes de agua superficial perenne son los grandes Lago de Nicaragua y Lago de Managua. Estos lagos constituyen aproximadamente más del 10% del territorio total de Nicaragua y dominan la parte central del país. En la región de drenaje de la costa del Pacífico, el agua superficial está disponible estacionalmente. En la parte norte de esta región, la mayor parte de los ríos son perennes; en la parte sur, la mayoría de los ríos son intermitentes y dejan de fluir durante la estación seca de diciembre a abril.

1. Precipitación y clima

La lluvia está desigualmente distribuida en Nicaragua y fluctúa de acuerdo a la estación del año, a la región y anualmente (ver figura 3). Las partes noreste del país, principalmente la Región Autonomista Atlántico Norte, recibe entre 2,000 y 3,000 milímetros de agua lluvia por año. La parte sudeste del país principalmente la Región Autonomista Atlántico Sur, recibe entre 3,000 y 6,000 milímetros de agua lluvia por año. La estación lluviosa para esta región dura desde mediados de mayo hasta febrero, con una estación seca pequeña que dura desde principios de marzo hasta principios de mayo. El extremo sudeste del país tiene una estación seca que dura aproximadamente un mes. En la parte central de Nicaragua el promedio de precipitación es menor de 1,500 milímetros por año. La capital, Managua posee un promedio de 1,200 milímetros de lluvia por año. La estación lluviosa es generalmente de mayo a octubre y la estación seca de diciembre a abril. Casi todos los años, llueve muy poco o casi nada durante marzo y abril. Esta casi total ausencia de lluvia puede durar varios meses. A lo largo de la región costera del Pacífico, el promedio anual de lluvia es de entre 1,250 a 2,500 milímetros. La parte norte de la costa tiene un promedio anual de lluvia de entre 1,250 a 2,500 milímetros. La parte norte de la costa tiene un promedio de aproximadamente 2,000 milímetros de lluvia al año, mientras que la parte sur de la costa tiene un promedio de aproximadamente 1,500 milímetros de lluvia. A lo largo de la región de la Costa del Pacífico, la estación lluviosa dura generalmente de mayo a noviembre y la estación seca de diciembre a abril. En algunos años esta región no tuvo nada de lluvia durante varios meses. Las partes centrales y occidentales de Nicaragua están sujetas a sequías severas, aún durante la estación lluviosa normal.⁵⁴

2. Regiones de Drenaje

a. Costa del Caribe

La región de drenaje de la costa del Caribe es la región más grande de drenaje de Nicaragua. Incluye un área de aproximadamente 85,600 kilómetros cuadrados o 65% del país. La región de drenaje incluye todos los departamentos Jinotega, Madriz, y Nueva Segovia, y las regiones Autonomista Atlántico Norte y Autonomista Atlántico Sur. También incluye la mayor parte de los departamentos de Estelí y Matagalpa y partes de los departamentos de Boaco y Chontales.

Los principales ríos de la región de drenaje de la costa del Caribe de norte a sur son los siguientes:

- Río Coco y sus tributarios, los cuales son Río Bocay, Río Estelí, y Río Amaka;
- Río Wawa;
- Río Kukalaya;
- Río Bambana;
- Río Prinzapolka;
- Río Grande de Matagalpa y su principal tributario, Río Tuma;
- Río Kurinwas;
- Río Escondido y su sistema, que incluye el Río Siquia, Río Mico, y Río Rama;
- Río Punta Gorda; y,
- Río Indio.

La mayoría de estos ríos se originan en las montañas nor-centrales o centrales de Nicaragua. En sus alcances superiores e intermedios estos ríos fluyen principalmente

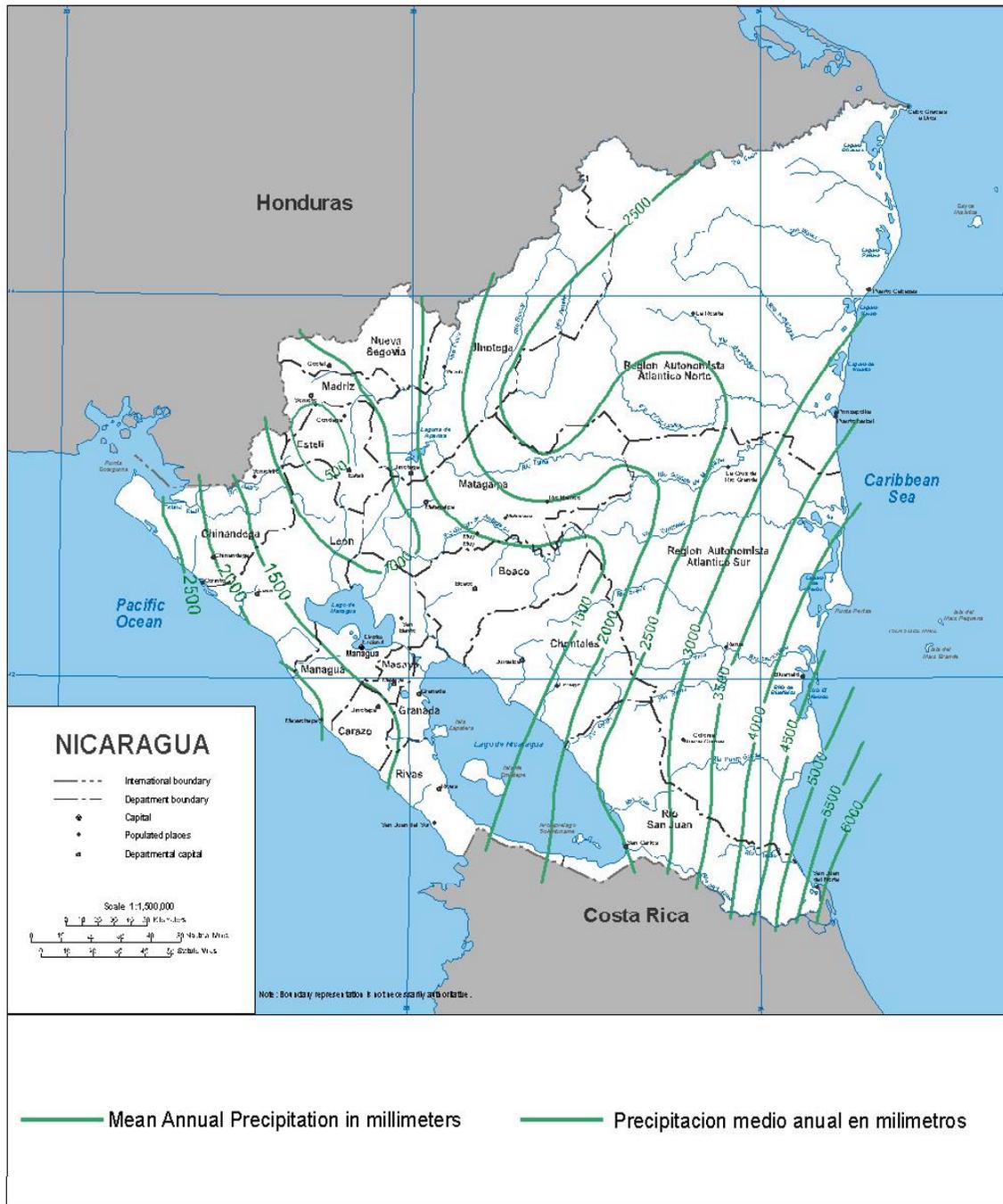


Figura 3. Mapa de Precipitación

Fuente: Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centro América y Panamá. Inventario Nacional de Recursos Físicos de Nicaragua. AID/EIC GIPR No. 6, Sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, Sección T-7, p. 5.

sobre rocas volcánicas en valles empinados, rocosos e incrustados con numerosos rápidos y cataratas.

Registros de los alcances superiores de los ríos principales durante varios períodos entre 1971 y 1979 están disponibles para las estaciones de aforo. Durante estos periodos, la estación de aforo en el Río Coco en Guana registró un flujo mínimo de 3.75 metros cúbicos por segundo; un flujo máximo de 798 metros cúbicos por segundo; y un flujo promedio de 48.4 metros cúbicos por segundo. La estación de aforo en el Río Tuma en Yasica registró un flujo mínimo de 1.42 metros cúbicos por segundo; un flujo máximo de 1,305 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 19.3 metros cúbicos por segundo. La estación de aforo en el Río Grande de Matagalpa en Ciudad Darío no registró flujo mínimo; un flujo máximo de 310 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 3.78 metros cúbicos por segundo.⁵⁵ En sus alcances bajos, estos ríos serpentean a lo largo de la amplia, baja y densamente forestada planicie aluvial costera. Cerca de sus desembocaduras fluyen muchos ríos a través de extensas áreas húmedas en canales trenzados antes de vaciarse en alguna de las lagunas costeras. Únicamente un par de estaciones de aforo existen en los alcances medios y bajos de estos ríos. Los flujos máximos son 2,730 metros cúbicos por segundo para el Río Coco en Corriente Lira; 1,030 metros cúbicos por segundo para el Río Bocay en Uruskirna; 7,850 metros cúbicos por segundo para el Río Grande de Matagalpa en San Pedro del Norte; 439 metros cúbicos por segundo para el Río Siquia en Salto Grande; y 1,490 metros cúbicos por segundo para el Río Mico en Muelle de Los Bueyes.⁵⁶

Las inundaciones mayores en el Río Coco llegan a tener profundidades de entre 12 y 15 metros (la profundidad normal de los ríos es de aproximadamente 2 metros).⁵⁷ La estación seca o de flujos bajos para la región de drenaje de la costa del Caribe inicia generalmente a principios de marzo hasta principios de mayo. En el extremo sudeste, la estación de flujos bajos dura aproximadamente un mes. La estación de flujos altos inicia generalmente a mediados de mayo hasta febrero. Los flujos máximos se dan generalmente de julio a octubre. Esta región está sujeta a inundaciones severas.

El Acceso a esta región es difícil. Debido a lo escabroso del terreno, empinadas pendientes, precipicios profundos y la falta de carreteras el acceso en las áreas montañosas de la parte central-norte de Nicaragua es muy difícil. En las tierras bajas de la costa la densa vegetación tropical, las extensas tierras pantanosas y las escasas carreteras hacen el acceso en extremo difícil. La mayoría de las carreteras se vuelven intransitables durante el invierno. Aun durante la estación seca el acceso a los puntos potenciales de toma de agua es posible únicamente a lo largo de ciertas carreteras.

b. Río San Juan

La región de drenaje del Río San Juan abarca un área aproximada de 36,100 kilómetros o aproximadamente 27% del país. Esta región de drenaje abarca todos los departamentos de Granada, Masaya, y Río San Juan, y partes de los Departamentos de Boaco, Carazo, Chontales, Estelí, León, Managua, y Matagalpa. Los ríos más grandes en esta región de drenaje de norte a sur son los siguientes:

- Río Sincecapa;
- Río Grande (Río Viejo);
- Río Pacora;
- Río Tipitapa;
- Río Malacatoya;
- Río Mayales;
- Río Ochomogo;
- Río Acoyapa;
- Río Oyate;
- Río Tule; y,
- Río San Juan.

Esta región también incluye los grandes lagos de Nicaragua (Lago Cocibolca) y de Managua (Lago Xolotlan). También están incluidos varios lagos pequeños en la caldera de volcanes tales como la Laguna de Asososca y la Laguna de Masaya.

La mayoría de los ríos fluyen desde las montañas nor-centrales o centrales hacia el Lago de Managua o el Lago de Nicaragua. El Río Ochomogo es el único río importante que entra a los lagos desde las montañas del oeste. Los ríos fluyen a través de rocas volcánicas en valles borrascosos, rocosos e incrustados después hacen una corta travesía por el valle aluvial plano para después llegar a los lagos.

Los registros de diversos períodos entre 1971 y 1979 están disponibles para las estaciones de aforo para algunos de los ríos en esta región de drenaje. Durante este período la estación de aforo en el Río Grande (Río Viejo) en Santa Bárbara no registró flujo mínimo; registró un flujo máximo de 535 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 6.24 metros cúbicos por segundo. La estación de aforo en el Río Malacatoya en Las Banderas no registró flujo mínimo; registro un flujo máximo de 782 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 4.44 metros cúbicos por segundo.⁵⁸ Los flujos máximos son de 501 metros cúbicos por segundo para el Río Sinecapa en El Jicaral; 389 metros cúbicos por segundo para el Río Grande (Río Viejo) en Las Brisas; 111 metros cúbicos por segundo para el Río Pacora en Pacora; 114 metros cúbicos por segundo para el Río Mayales en El Jicaral; 54.6 metros cúbicos por segundo para el Río Ochomogo en Las Enramadas; y 39.2 metros cúbicos por segundo para el Río Acoyapa en Santa Rosa.^{59,60}

El Río Tipitapa serpentea a través del valle entre los grandes lagos, esto permite que el agua fluya del Lago de Managua al Lago de Nicaragua. Durante la mayor parte del año el Río Tipitapa permanece estancado con muy poco flujo debido a que solamente recibe flujos provenientes del Lago de Managua cuando el nivel del lago es mayor de 40.73 metros sobre el nivel del mar. Se ha desarrollado un pantano de agua salobre cerca de la desembocadura del río. Para el Río San Juan la fuente es el Lago de Nicaragua. El Río San Juan serpentea en un valle angosto a través de una variedad de rocas ígneas y sedimentarias. Abajo del lugar denominado El Castillo de la Concepción se encuentran una serie de rápidos y cataratas. Una estación de aforo en el Río San Juan en El Castillo de la Concepción ha registrado un flujo mínimo de 21.5 metros cúbicos por segundo; un flujo máximo 1,950 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 76 metros cúbicos por segundo. No existe información disponible de ninguna estación de aforo cerca de la desembocadura del Río San Juan. Sin embargo, un estudio de 1898 estimó que el flujo máximo aproximado en la desembocadura del Río San Juan es de 8,700 metros cúbicos por segundo.⁶¹ Un estudio reciente indica que el flujo máximo en la desembocadura Río San Juan podría alcanzar los 11,000 metros cúbicos por segundos durante tormentas tropicales copiosas.⁶² La estación de flujos altos para la mayor parte de la región de drenaje del Río San Juan es de mayo a noviembre. Debido a la abundante lluvia en la parte sudeste de la región de drenaje, la estación de flujos altos para el Río San Juan es de mayo a enero con flujos máximos ocurriendo de junio a octubre. El Río San Juan está sujeto a severas inundaciones. La estación de flujos bajos para la región de drenaje del Río San Juan es generalmente de diciembre a abril durante la cual los ríos alcanzan el flujo mínimo en abril. Muchos ríos permanecen completamente secos por muchos días durante la estación de flujos bajos.

El acceso al área es generalmente difícil. En las montañas centrales y nor-centrales de Nicaragua el acceso es muy difícil debido a lo escabroso del terreno, empinadas pendientes, profundos desfiladeros y falta de carreteras. La mayoría de las carreteras se vuelven intransitables durante el invierno. En las partes más bajas y cerca de los grandes lagos el acceso es generalmente manejable. Sin embargo, el acceso localmente puede ser difícil debido a lo escabroso del terreno, suelo húmedo y pantanoso, y falta de carreteras.

El acceso a lo largo Río San Juan es muy difícil debido a lo escabroso del terreno, empinadas pendientes, densa vegetación y falta de carreteras.

c. Costa del Pacífico

La región de drenaje de la Costa del Pacífico es la región de drenaje más pequeña de Nicaragua, abarca aproximadamente 10,900 kilómetros cuadrados o aproximadamente 8% del país. Esta región de drenaje incluye todos los departamentos de Chinandega y partes de los departamentos de Carazo, León, Managua, y Rivas. De norte a sur, los ríos principales de la región de drenaje son los siguientes:

- Río Negro;
- Estero Real;
- Río Villa Nueva;
- Río Viejo;
- Río Atoya;
- Río Telica;
- Río San Cristóbal;
- Río Tamarindo;
- Río Soledad;
- Río San Diego;
- Río Escalante;
- Río Grande;
- Río Tular;
- Río Tecolapa; y
- Río Brito.

El Río Negro, Río Villa Nueva, y el Estero Real se originan en las montañas nor-centrales y el valle central y desembocan en el Golfo de Fonseca. En sus alcances altos estos ríos fluyen a través de rocas volcánicas en valles rocosos y escabrosos antes de serpentear a través de los sedimentos aluviales del suelo quebrado del valle. Un estuario grande de agua salada con grandes bancos de lodo se ha desarrollado en la desembocadura de estos ríos. Los otros ríos fluyen desde las montañas occidentales directamente hacia el océano Pacífico. En sus alcances superiores y cortos, estos ríos fluyen a través de una variedad de rocas volcánicas y sedimentarias. Después descienden rápidamente en una planicie costera angosta antes de desembocar en el océano Pacífico a través de estuarios de ramificaciones pequeñas.

Registros de varios períodos desde 1971 a 1979 están disponibles para las pocas estaciones de aforo que existen en esta región de drenaje. La estación de aforo en Río Tamarindo en El Tamarindo registró un mínimo de 0.13 metros cúbicos por segundo, un flujo máximo de 767 metros cúbicos por segundo y un flujo promedio de 3.34 metros cúbicos por segundo.⁶³ Los flujos máximos registrados para el Río Negro en La Canoa son de 3,220 metros cúbicos por segundo; 1,620 metros cúbicos por segundo para el Río Villa Nueva en el puente; 38.8 metros cúbicos por segundo para el Río Atoya en Ceilán; 37.5 metros cúbicos por segundo para el Río San Cristóbal en La Gallina; 240 metros cúbicos por segundo para el Río Soledad en el Contrabando; y 272 metros cúbicos por segundo para el Río Brito en Miramar.^{64,65} La estación de flujos altos para la región de drenaje de la costa del Pacífico es generalmente de mayo a noviembre. Flujos máximos generalmente ocurren durante los meses de julio a octubre. Durante la estación de flujos altos, los pantanos y manglares a lo largo de la costa y el Estero Real (un estuario) aumentan en área. La región está sujeta a inundaciones repentinas. La estación de flujos bajos es generalmente de diciembre a abril. La mayoría de los ríos se secan completamente por varios días durante la estación de flujos bajos.

El acceso a esta región es generalmente manejable. Sin embargo, localmente el acceso puede ser difícil debido a lo escabroso del terreno, al suelo húmedo y pantanoso y a la falta de carreteras. El acceso a lo largo del Estero Real es muy difícil debido al suelo húmedo y pantanoso, a la densa vegetación y a la falta de carreteras.

3. Lagos, Reservorios, Pantanos y Lagunas

En la región de drenaje de la cota del Caribe hay varias lagunas. Estas lagunas son Laguna Bismuna (Lago Wani), Laguna Pahara, Laguna Karata, Laguna de Wounta, y Laguna de Perlas. Estas lagunas son afectadas por las mareas y son generalmente de agua salobre.

Durante la estación de flujos altos, los volúmenes de agua fresca que entran en la laguna proveniente de los grandes ríos expulsan el agua salobre de estas, esto las convierte temporalmente en lagunas de agua dulce. En esta región de drenaje también se encuentra el reservorio construido por el hombre más grande del país que es la Laguna de Apanas. Este reservorio cuenta con una superficie de aproximadamente 51 kilómetros cuadrados y fue construido con propósitos hidroeléctricos en el Río Tuma. El acceso a las lagunas costeras de la región de drenaje de la costa del Caribe es muy difícil, debido a la densa selva tropical, a las extensas tierras pantanosas y a la escasa red de carreteras. La mayoría de carreteras se vuelven casi intransitables durante el invierno. Aun durante la estación seca, el acceso a los puntos potenciales de agua es posible únicamente a lo largo de algunas carreteras.

El gran lago de Nicaragua --Lago de Managua (Lago Xolotlan) y el Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca) --dominan la región de drenaje del Río San Juan. Estos lagos cubren casi el 10% de la superficie de Nicaragua. Otros lagos importantes en esta región de drenaje son la Laguna de Apoyeque, Laguna de Apoyo, Laguna de Asososca, Laguna de Jiloa, y la Laguna de Masaya.

El Lago de Managua tiene un área de superficie de aproximadamente 1,016 kilómetros cuadrados, con una profundidad promedio de 7.8 metros, y una máxima de 26 metros. El promedio estimado del volumen del Lago de Managua es de 7,970 millones de metros cúbicos. La elevación normal del Lago de Managua es de aproximadamente 39 metros sobre el promedio del nivel del mar. La elevación máxima es de 43.44 metros sobre el promedio del nivel del mar, y elevación mínima de 35.6 metros sobre el promedio del nivel del mar.⁶⁶ El lago recibe agua del Río Maderas, Río Pacora, Río Sinecapa, y del Río Grande (también Río Viejo). El Lago de Managua tiene un promedio total de sólidos disueltos de aproximadamente 900 miligramos por litro. El agua que entra en el lago proveniente de los ríos de los alrededores tiene un total de sólidos disueltos de aproximadamente 400 miligramos por litro. Durante la estación de flujos bajos, el Lago de Managua se puede volver temporalmente salobre con un total de sólidos disueltos mayor de 1,200 miligramos por litro. El Lago de Managua constituye una preocupación especial debido a que está seriamente contaminado. El tratamiento inadecuado de las aguas negras permite que estas aguas provenientes del millón de personas que viven alrededor sean tratadas en forma inadecuada. En las costas del lago aproximadamente 300 industrias descargan desperdicios químicos no tratados. Entre estos desechos podemos mencionar fenoles, benceno, carbón tetracloruro, cloruro metileno, mercurio, plomo, cianuro y otros metales. Entre los agroquímicos tenemos pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros que se escurren libremente en el flujo de los ríos que descargan en el lago. Sedimentos que en su mayoría son partículas finas y ricos en material orgánico también se descargan en el lago. Debido al grado de contaminación, las aguas del Lago de Managua no son adecuadas para el consumo humano ni para la irrigación. Debido a que en el lago es muy poca el agua que fluye hacia afuera, los contaminantes se concentran.⁶⁷ En 1974 el promedio de total de sólidos disueltos del lago aumentó a un ritmo de 18 miligramos por año. A este ritmo, en cien años el promedio de total de sólidos disueltos para el lago será 3,000 miligramos por litro. Aunque el Río Tipitapa fluye desde el Lago de Managua al Lago de Nicaragua, raramente recibe agua del Lago de Managua. Desde 1954 el Río Tipitapa ha recibido agua desde el Lago de Managua únicamente en 3 años.

El Lago de Nicaragua tiene una superficie aproximada de 8,157 kilómetros cuadrados, promedio de profundidad de 13.2 metros, y un máximo de profundidad de 60 metros. El promedio estimado del volumen del Lago de Nicaragua es de 108,000 millones de metros cúbicos.⁶⁸ La elevación normal del Lago de Nicaragua oscila entre 31 y 32 metros sobre el nivel del mar. El nivel varía con las estaciones. La elevación máxima es de 33.13 metros sobre el promedio del nivel del mar. La elevación mínima es de 30.73 metros sobre el promedio del nivel del mar.⁶⁹ El lago recibe agua proveniente de muchos ríos incluyendo el Río Acoyapa, Río Malacatoya, Río Mayales, Río Ochomogo, Río Oyate, Río Tipitapa, y Río Tule. El Lago de Nicaragua tiene un total de sólidos disueltos de entre 150 y 175 miligramos por litro.⁷⁰

Actualmente las aguas del lago no presentan limitaciones para el consumo humano o para ser usadas en irrigación. Sin embargo, muchas situaciones podrían afectar la calidad del agua del Lago de Nicaragua. Se desconoce el impacto que causan las altamente contaminadas aguas que entran desde el Lago de Managua. El crecimiento de las ciudades y el aumento en el uso de los agroquímicos en la cuenca de drenaje del lago lo están contaminando gradualmente. El Lago de Nicaragua drena en el Mar Caribe a través del Río San Juan.

Muchos lagos importantes se encuentran en las calderas volcánicas dentro de la región de drenaje del Río San Juan. Entre estos lagos volcánicos se encuentran la Laguna de Apoyeque, Laguna de Apoyo, Laguna de Asososca, Laguna de Jiloa, y la Laguna de Masaya. La Laguna de Asososca y la Laguna de Masaya contienen agua dulce con un total de sólidos disueltos que oscilan entre los 235 a los 378 miligramos por litros. La Laguna de Asososca, con una superficie de aproximadamente 0.8 kilómetros cuadrados es importante debido a que es una fuente de agua para la ciudad de Managua.

En la región de drenaje del Río San Juan el acceso a los grandes lagos es generalmente manejable. Sin embargo, localmente el acceso puede ser difícil debido a lo escabroso del terreno, a las tierras húmedas pantanosas y a la falta de carreteras. El acceso a los lagos volcánicos es generalmente difícil debido a lo escabroso del terreno y la falta de carreteras.

No existen lagos importantes en la región de drenaje de la costa del Pacífico.

Ver tabla C-1 y la figura C-1 para mayores detalles de los recursos de agua superficial.

4. Deforestación

La deforestación constituye un problema ambiental serio que está afectando de manera adversa los recursos de agua superficiales y subterráneos de Nicaragua. Centro América fue evaluada con el segundo grado más alto de deforestación (1.5%) en el mundo en los años 1980.⁷¹ Nicaragua tiene un alto grado de deforestación, calculado en aproximadamente 150,000 hectáreas de bosque por año.⁷² Tanto el sector comercial como personas individuales contribuyen a la deforestación.

La tala de árboles y de vegetación permite un escurrimiento más rápido de la lluvia. El escurrimiento rápido causa un aumento rápido en la cantidad de agua que está entrando en los ríos, esto da como resultado que los niveles de agua aumentan más ligero y sus descargas máximas son más grandes. El impacto es peor inmediatamente después de extraer madera de los bosques, particularmente en cuencas pequeñas. Después de esto, durante los primeros 3 o 4 años, el escurrimiento y la erosión aumentan grandemente. Estos eventos también causan que menor cantidad de agua se infiltre en el suelo para recargar los acuíferos. La deforestación también ha sido asociada con los cambios en los patrones de las lluvias.

La deforestación combinada con la actividad agrícola extensa en granjas, causa una aceleración de la erosión del suelo. Esta erosión aumenta el volumen de sedimento que es cargado por los ríos y degrada la calidad del agua de las tierras superiores y de las áreas río abajo. Todos los ríos tienen altas cargas de sedimentos debido a la erosión en las partes altas de las cuencas. Los suelos de las pendientes erosionadas tapan los ríos, los canales de drenaje, pozas y sistemas de agua, esto da como resultado un alza en los costos de mantenimiento y operación. A medida que aumenta la erosión, el patrón del río se altera y se vuelve más empinado, incrementando el escurrimiento y disminuyendo la cantidad de infiltración. El patrón de flujo y el total de descarga del río puede ser así permanentemente alterado. El volumen, el grado y las cargas de sedimento puede causar complicaciones en los bosques, en la agricultura y en las actividades río abajo. Con el paso de cada año, los ríos y riachuelos fluyen mas erráticamente y estacionalmente en torrentes y cada vez menos como

ríos estables y permanentes. Por lo tanto, el uso de agua superficial para suministro de agua para una población en aumento es cada vez menor y el agua se hace cada vez más escasa cuando se necesita durante la estación seca. Las descargas actuales de los ríos son probablemente las más grandes que se han registrado para todas las áreas, ya que las pérdidas en infiltración y la evapotransmisión son menores cuando la densidad de la vegetación es menor, resultando esto en mayores escurrimientos. Más del 40% de la tierra en Nicaragua ha sido afectada por los cambios en la hidrología, el suelo y la biología.⁷³

Las causas mayores de deforestación son el descapote de la tierra para fines agrícolas y la tala de árboles para madera. La deforestación es un problema social y económico. Por generaciones la población ha practicado las quemas como método agrícola. La conservación no forma parte de la cultura. Las áreas rurales no tienen acceso a la electricidad para cocinar y tampoco pueden pagar métodos alternativos de combustible. Por lo tanto, los ciudadanos contribuyen a la deforestación cortando árboles y usando la leña para usos domésticos.

Décadas de propiciar abusos a la tierra y de negligencia en cuidar el medio ambiente, con la deforestación jugando un importante papel, exacerbaron la devastación que ocasionó el Huracán Mitch en 1998. Debido a la escasez de árboles y la poca vegetación el escurrimiento ocasionado por la lluvia durante el huracán (40 pulgadas en 3 días) no pudo ser detenido, ocasionando que grandes cantidades de agua se precipitaran desde las montañas y los campos hacia los ríos. Los resultados fueron inundaciones y deslaves de grandes proporciones.⁷⁴

El Instituto Nicaragüense para los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, creado en 1980, estableció la zona natural preservada de Bosawas. Esta zona preservada comprende aproximadamente 14,000 kilómetros cuadrados localizados en la parte norte de Nicaragua, siendo la zona preservada más grande de Centro América. En 1990 se estableció otra área preservada en el sudeste de Nicaragua. Esta área preservada es la Reservación Biológica Indio-Maíz, y se encuentra entre los ríos de San Juan y Punta Gorda y comprende aproximadamente 4,500 kilómetros cuadrados. Nicaragua se ha convertido en el país centro americano que posee las zonas protegidas más grandes. Sin embargo, en la década de los 90 los bosques continuaron siendo talados a un ritmo acelerado. En comparación, los bosques tropicales de Nicaragua seguían siendo menos del 1% en tamaño que los bosques tropicales de la Amazona Sur Americana del Brasil. No obstante, los bosques tropicales de Nicaragua estaban desapareciendo a un ritmo 10 veces más rápido que los de las amazonas. Una causa importante de este acontecimiento es la extracción de madera de caoba de los bosques y su exportación ilegal, lo cual todavía ocurre en la región de Bosawas.^{75,76,77}

En 1992 el gobierno aprobó una acción forestal con el objetivo de aumentar la producción de bosques para garantizar el mantenimiento de los recursos, aumentando el suministro de madera para consumo nacional y exportación y conservando una fuente de madera para usarse como energía.⁷⁸ En Abril de 1998, el presidente anunció que no habría mas extracción de madera de caoba, cedro y pochote de los bosques durante los próximos 5 años, esta fue la respuesta a la desmedida deforestación del área y a la falta de acción por parte del Ministerio de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.

B. Recursos de Agua Subterránea

Los recursos del agua subterránea se usan en todos los sectores de la economía. Aproximadamente el 90% de la producción de agua proviene de los pozos. Las variaciones en la estructura geológica, geomorfología, tipos de roca y precipitación contribuyen ampliamente a las variantes condiciones de los recursos de agua subterránea en las diferentes partes del país. Los recursos de agua subterránea más productivos se localizan en los acuíferos aluviales de la era Cuaternaria los cuales están entrelazados con materiales piroclásticos y en los depósitos

volcánicos de las eras Terciaria a Cuaternaria, estos consisten de flujos de lava basáltica y andesita, flujos piroclásticos y depósitos. Las fuentes que están localizadas a lo largo de fracturas y zonas de contacto producen enormes cantidades de agua. Estas fuentes están localizadas en las tierras bajas noroestes del Pacífico en la depresión de Nicaragua con los Lagos interiores de Managua y Nicaragua y en un área de más de 100 kilómetros tierra adentro de la costa del Caribe. En todo el resto del país, especialmente en las tierras altas interiores, las condiciones del agua subterránea no son favorables debido a las formaciones geológicas que tienen permeabilidad y porosidad bajas. El desarrollo de los recursos de agua subterránea es difícil debido a la contaminación del agua subterránea cercana a los centros poblacionales, a la intrusión de agua salada en áreas a lo largo de las costas del Pacífico y del Caribe y al difícil acceso debido a la densa vegetación, empinadas pendientes y falta de carreteras.⁷⁹ La deforestación tiene un impacto negativo en los recursos de agua subterránea del país reduciendo la cantidad de agua que recarga los acuíferos, esto da como resultado bajos niveles de agua subterránea. La mayoría de las bombas de mano no pueden acarrear agua a profundidades mayores de 90 metros.

El agua proveniente de ríos y pozos se usa para la agricultura, la industria, uso público y privado. En zonas áridas, el agua subterránea es importante para necesidades agrícolas así como también para suministro de agua, para el ganado y para usos domésticos. La ciudad capital de Managua depende de un sistema de suministro mixto que comprende 83 pozos y la laguna volcánica de Asososca. El agua dulce subterránea está generalmente disponible a través de todo el país en variadas cantidades durante todo el año.⁸⁰

El agua subterránea es generalmente abundante proveniente de acuíferos aluviales entremezclados con depósitos piroclásticos a través de toda la depresión de Nicaragüense y de las costas del Pacífico y del Caribe. Sin embargo, en las regiones montañosas la disponibilidad de agua subterránea varía desde localmente abundante hasta no apta. Los recursos más productivos de agua subterránea se encuentran en los acuíferos aluviales de la era Cuaternaria, que están entremezclados con materiales piroclásticos; y en los depósitos volcánicos de las eras Terciaria a Cuaternaria, que consisten de flujos de lava basálticos y andesíticos y depósitos. Las fuentes localizadas en zonas de fractura y contacto dentro de depósitos volcánicos producen enormes cantidades de agua. Estas fuentes se encuentran localizadas en las tierras bajas noroestes del Pacífico, en la depresión Nicaragüense y en la costa del Caribe. A través de todo el resto del país las condiciones de agua subterránea son generalmente desfavorables debido a las formaciones geológicas que tienen muy poca o nada de permeabilidad dando como resultado la falta de agua subterránea. Las montañas y cerros poseen muchos tipos de acuíferos, incluyendo rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de baja permeabilidad. Los acuíferos sedimentarios de las eras Terciaria y Cretácea son bajos productores de agua en las tierras altas interiores y partes irregulares de las tierras bajas del Pacífico. En las tierras altas interiores las rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria constituyen acuíferos de pobre producción, excepto cuando la intemperización y las fracturas han aumentado la permeabilidad. Acuíferos ígneos y metamórficos de la era paleozoica localizados en la parte nor-occidental de las tierras altas interiores son prácticamente impermeables. Ellos tienen producciones no aptas a escasas, a excepción de cuando las fracturas han aumentado la permeabilidad y la porosidad. Las planicies aluviales, las tierras bajas y la depresión Nicaragüense abarcan aproximadamente el 55% del país y contienen aproximadamente el 80% de las reservas de agua disponibles.⁸¹ Para mayores detalles ver tabla C-2 e Ilustración C-2, unidades de mapa 1 y 2.

Las áreas aluviales (unidad de mapa 1) abarcan aproximadamente el 35% del país y contienen más o menos el 50% de las reservas de agua subterránea disponibles. Las áreas que poseen depósitos volcánicos con piroclásticos de basálticos a andesíticos y flujos de lava basáltica (unidad de mapa 2) comprenden aproximadamente el 20% del país y poseen más o menos el 35% de las reservas de agua subterránea disponibles. Los acuíferos que poseen permeabilidad

baja (unidades de mapa 3, 4, y 5) comprenden aproximadamente el 45% del país y poseen aproximadamente el 15% de las reservas de agua subterránea disponibles.

Los recursos de agua subterránea son muy difíciles de desarrollar. Aunque el agua subterránea es generalmente más confiable que el agua superficial no tratada, muchos acuíferos poco profundos cercanos a áreas populosas, están contaminados biológicamente principalmente debido a la inadecuada disposición de los desechos. La contaminación química proveniente de productos industriales ocurre en Managua y en sus alrededores. Contaminación de las aguas subterráneas poco profundas con pesticidas, ocurre en zonas agrícolas de la depresión Nicaragüense y de las tierras bajas del Pacífico. La intrusión de agua salada puede ser un problema en zonas a lo largo de las costas del Pacífico y del Caribe. El acceso a lugares de perforación de pozos es difícil en muchas áreas debido a la densa vegetación y pendientes empinadas de los volcanes, montañas y cerros. Los pozos en todas las zonas deberían ser tapados y provistos con zaranda de cedazo especialmente donde los acuíferos están compuestos de sedimentos no consolidados o ceniza volcánica.⁸²

1. Definición de Acuífero y sus Características

Se presenta aquí una pequeña definición de acuífero y sus características seguidas por atributos específicos del país, esto nos ayudará a entender como funciona la hidrología del agua subterránea y donde posiblemente podríamos encontrar fuentes de agua.

Los puntos de suministro de agua subterránea se desarrollan de formaciones geológicas que califican como “acuíferos”. Un acuífero está hecho de formaciones o lechos saturados, ya sea individuales o en grupo, que producen agua en suficientes cantidades como para ser económicamente utilizable. Para que una formación geológica califique como un acuífero debe tener poros o espacios abiertos (intersticios) que estén llenos de agua. Estos intersticios deben de ser lo suficientemente grandes para transmitir agua hacia los pozos a un ritmo utilizable. Podemos imaginar un acuífero como un reservorio natural inmenso o como un sistema de reservorios en roca cuya capacidad es el volumen total de los intersticios que están llenos con agua. Agua subterránea puede ser encontrada en un cuerpo continuo o en varias rocas distintas o capas de sedimento dentro del hueco, en cualquier ubicación. Existen en muchos tipos de hábitats geológicos, tales como poros en grava y arena no consolidada, fracturas petrificadas en basaltos, cavidades en piedra caliza y articulaciones sistemáticas y fracturas en rocas ígneas y metamórficas. Desgraciadamente las masas de roca son raramente homogéneas y los tipos de roca adyacentes pueden variar significativamente en su habilidad para retener el agua. En cierto tipo de masa de rocas, tales como aquellos de sedimentos consolidados y roca volcánica, el agua no puede fluir en su mayor parte a través de la masa; el único flujo de agua suficiente para producir cantidades utilizables de agua es el que pasa a través de fracturas o de articulaciones en la roca. Por lo tanto, si un hueco se perfora en un determinado lugar y sucede que la formación de roca subterránea (lecho de roca) es demasiado compacto (consolidado con muy poca o nada de permeabilidad) para transmitir agua a través de los poros y el lecho de roca no esta fracturado, entonces se producirá muy poca o nada de agua. Sin embargo, si un hueco se perfora en un lugar donde el lecho de roca es compacto y la roca esta altamente fracturada y posee agua fluyendo a través de sus fracturas, entonces el hueco podría producir suficiente agua como para ser económicamente rentable.

Debido a que es difícil o imposible predecir ubicaciones precisas que tendrán fracturas en el lecho de roca, se puede utilizar el análisis fotográfico para ayudar en la selección de la ubicación mas adecuada para un pozo. Existen otros métodos disponibles pero son por lo general más caros. Los geólogos usan la fotografía aérea en combinación con otra información para mapear litologías, fallas, trazos de fracturas y otras características que ayudan en la selección de sitios para pozos. En lugares de roca dura, los pozos ubicados en las fracturas especialmente en

aquellas que están en las intersecciones tienen generalmente grandes producciones de agua. El hecho de colocar un pozo estratégicamente en una fractura no hará únicamente la diferencia entre una producción alta de agua versus producción baja sino que también hará la diferencia entre la producción de algo de agua versus nada de agua. La verificación de posibles fracturas en el sitio de la obra aumenta aún más las posibilidades de sitiar los pozos exitosamente.

En general, la superficie del nivel freático del agua es análoga pero considerablemente más plana que la topografía del terreno. Las elevaciones del agua subterránea son típicamente más altas que la elevación del cuerpo de agua superficial más próximo dentro de la misma cuenca de drenaje. Por lo tanto, la profundidad al agua es mayor cerca de las divisiones de los drenajes y en áreas de altas descargas. Durante la estación seca, el nivel freático del agua baja considerablemente y puede ser marcado por la sequía de muchos cuerpos de agua pequeños que son alimentados por agua subterránea. La baja puede estimarse basándose en la elevación del terreno, en la distancia a la cual se encuentra el lago o río perenne más cercano y en la permeabilidad del acuífero. Las zonas que poseen las bajas más grandes en sus niveles freáticos durante la estación seca son aquellas que están en elevaciones altas, alejadas de ríos perennes y consisten de material fracturado. En general, algunas de estas condiciones pueden ser aplicadas para calcular las bajas en la producción que pueden esperarse cuando los pozos son bombeados.

2. Hidrogeología

Las variaciones en las estructuras geológicas, geomorfológicas, tipos de rocas y precipitación contribuyen a una amplia variedad de condiciones de agua subterránea en diferentes partes del país. Los principales sistemas de acuíferos en Nicaragua son los siguientes:

Acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a la Reciente, intercalados con depósitos piroclásticos (unidad de mapa 1);

- Depósitos volcánicos de la era Terciaria a Cuaternaria compuestos de rocas piroclásticas basálticas y andesíticas y lavas basálticas (unidad de mapa 2);
- Rocas sedimentarias de delgadas a masivas laminadas, parcialmente tufas, de la era Cretácea a Terciaria (unidad de mapa 3);
- Rocas ígneas intercaladas con rocas sedimentarias y metamórficas de la era Terciaria a Cuaternaria (unidad de mapa 4); y
- Rocas ígneas y metamórficas de la era paleozoica (unidad de mapa 5).

Las descripciones están basadas en la interpretación de la información hidrogeológica más actualizada a la que se tiene acceso.⁸³

Ver la tabla C-2 y la ilustración C-2 para mayores detalles.

En la depresión nicaragüense y en las tierras bajas del Pacífico y del Caribe, la profundidad al agua generalmente oscila entre 15 a menos de 150 metros. En las tierras altas interiores y en zonas montañosas la profundidad al agua es generalmente menor de 200 metros pero localmente puede ser tan profunda como 600 metros. En muchas áreas la profundidad al agua puede ser demasiado y las producciones muy bajas para un uso rentable. A través de todo el país el nivel freático del agua fluctúa de acuerdo a las estaciones. El nivel freático del agua puede bajar tanto como 8 metros en la parte occidental de Nicaragua durante la estación seca, que se extiende desde principios de noviembre hasta finales de abril. En la zona este de Nicaragua, el nivel freático del agua puede bajar un par de metros durante la estación seca, la cual se extiende desde febrero hasta abril. Los acuíferos en las montañas se recargan generalmente con la lluvia, mientras que aquellos en las tierras bajas además de ser recargados por la lluvia y por los acuíferos que tienen su nacimiento en las montañas

El acceso a los pozos es sencillo en la depresión nicaragüense y las tierras bajas del Pacífico y del Caribe. Sin embargo, la falta de una red de carreteras establecida y la densa vegetación a través de la costa del Caribe puede hacer el acceso bastante difícil. Las empinadas pendientes en las tierras altas centrales y áreas montañosas en el oeste y el noroeste, y a lo largo del cinturón volcánico que separan la depresión Nicaragüense de las tierras bajas del Pacífico, hacen que la exploración de agua subterránea sea muy difícil. La falta de una red de carreteras a lo largo del país es un obstáculo grande para la exploración de agua subterránea.

Los pozos en todas las áreas deberían ser provistos de rejillas, especialmente donde los acuíferos están compuestos de sedimentos no consolidados o depósitos volcánicos.

a. Acuíferos Aluviales (Unidad de Mapa 1)

El agua dulce es generalmente abundante en acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a reciente, que están compuestos de lo siguiente: arena y grava no consolidada con lentes de areniscas; arena y grava intercalada con barro, sedimento y piroclásticos consistente en cenizas finas, pomas y lapilli. Estos acuíferos se encuentran en la depresión Nicaragüense y en las tierras bajas del Pacífico y del Caribe. El agua subterránea en estos acuíferos se encuentra a profundidades que oscilan entre 15 a menos de 150 metros.

b. Acuíferos de Lava y de Piroclásticos Volcánicos (Unidad de Mapa 2)

El agua dulce proveniente de depósitos volcánicos de la era Terciaria a Cuaternaria consistente de rocas piroclásticas de basálticas a andesíticas y de lavas basálticas, es generalmente abundante. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están generalmente disponibles de fuentes en fracturas y zonas de contacto de depósitos volcánicos. Estos acuíferos se encuentran en el cinturón volcánico que separa la planicie costera del Pacífico de la depresión Nicaragüense, y son acuíferos importantes para la región metropolitana de Managua. El agua subterránea en estos acuíferos generalmente se encuentra a profundidades que oscilan entre 15 y menos de 150 metros.

c. Otros Acuíferos (Unidades de Mapa 3, 4, y 5)

El agua dulce es escasa o inexistente en áreas que contienen los siguientes materiales de la era Cretácea a Terciaria en cantidades de finas a masivas: areniscas, piedra caliza, lajillas, conglomerados y breccia parcialmente tufácea (unidad de mapa 3). Coquina, piroclásticos y diabasa están presentes localmente. Agua subterránea en cantidades de pequeñas a no aptas está disponible en estos acuíferos de baja permeabilidad en las áreas montañosas de las partes nor-central y nor-occidental del país, en el sudeste cerca de la frontera con Costa Rica y en áreas esparcidas en las tierras bajas del Pacífico. Los pozos perforados localmente en zonas de fracturas pueden tener producciones más altas. El agua subterránea está a una profundidad que oscila entre los 20 y 200 metros pero podría oscilar hasta los 600 metros en la parte occidental del país.

El agua dulce es escasa o inexistente en áreas que contienen los siguientes materiales de las eras Terciaria a Cuaternaria: rocas ígneas consistentes en andesitas, basaltos, ignimbrita, tufa y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras barrosas, y piedras calizas (unidad de mapa 4). Estos acuíferos de baja permeabilidad producen de escasas a moderadas cantidades de agua subterránea desde profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros, están localizados en las tierras altas centrales y esparcidos en áreas de las tierras bajas del Pacífico. Los pozos perforados localmente en zonas de fracturas pueden tener producciones más altas. Cantidades de pequeñas a no aptas de agua dulce también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente menores de 6 metros.

El agua dulce es escasa o inexistente en áreas que contienen los siguientes materiales de la era Paleozoica: rocas ígneas y metamórficas consistentes de granito, diorita, granodiorita, filita, esquistos, pizarra, mármol y cuarzo (unidad de mapa 5). Estas rocas de baja permeabilidad se constituyen en acuíferos pobres y producen cantidades de escasas a no aptas de agua subterránea a profundidades que oscilan entre los 20 y 200 metros. No existen lugares favorables para la producción de agua subterránea, excepto en sitios donde existe alto fracturamiento o intemperizados. Estos acuíferos se encuentran en las tierras altas centrales cerca y a lo largo de la frontera con Honduras.⁸⁴

C. Calidad del Agua

La calidad del agua en Nicaragua se monitoreó desde 1971 a 1986. Debido al aspecto económico el monitoreo cesó en 1986. Desde entonces, la única información disponible en la calidad del agua se obtiene de estudios específicos de lugares. Se recomienda que un sistema Ambiental de Monitoreo de Agua sea establecido.⁸⁵

1. Agua Superficial

La contaminación de los recursos de agua superficial es un gran problema. Los ríos generalmente están contaminados biológicamente con escurrimientos provenientes de la agricultura y de los pobladores cerca y río abajo de áreas populosas. El tratamiento inadecuado de las aguas negras en las ciudades y los pueblos permiten que estas aguas negras sin tratamiento o parcialmente tratadas entren en los cauces de los ríos. La minería y actividades de refineras en las montañas son fuentes predominantes de contaminación química y metálica, especialmente de mercurio y cianuro. El escurrimiento asociado con el uso de agroquímicos incluyendo pesticidas y fertilizantes en áreas de cultivos para café, bananos, vegetales y otros cultivos constituyen un problema en aumento. El crecimiento de la industria está agregando una carga adicional a la contaminación por químicos. Otro problema de contaminación es la carga adicional de sedimento causada por la deforestación.

Por lo general, el agua superficial en la región de drenaje de la costa del Caribe es dulce con un total de sólidos disueltos que oscilan entre 9 y 600 miligramos por litro. A lo largo de la costa del Caribe, el agua superficial se vuelve de salobre a salina debido a la intrusión de agua salada y al efecto de las mareas. En los ríos que no se descargan en una laguna costera, la intrusión de agua salada puede ocurrir tierra adentro hasta cierta distancia. Intrusión de agua salada en el Río Prinzapolka abarca 25 kilómetros; 30 kilómetros en el Río Grande de Matagalpa, y 80 kilómetros río arriba en el Río Escondido.⁸⁶

La mayoría de los ríos tienen pesadas cargas de sedimentos, alto grado de turbiedad y grandes cantidades de desperdicios orgánicos. La región de drenaje del Caribe tiene muy pocas fuentes de contaminación. La contaminación biológica proveniente del escurrimiento agrícola y humano es común cerca de áreas populosas. Las actividades mineras y de refinera son fuentes principales de contaminación por químicos. Otro problema de contaminación es la carga de sedimento adicional debido a la deforestación causada por las quemadas agrícolas y la corta de madera.

La calidad del agua en la región de drenaje del Río San Juan es altamente variable. La mayor parte de los ríos en la región de drenaje tienen un total de sólidos disueltos de aproximadamente 400 miligramos por litro. El Río San Juan tiene un total de sólidos disueltos de 360 miligramos por litro. El Río Tipitapa es generalmente salobre con un rango de total de sólidos disueltos alto. El agua salada invade la tierra por aproximadamente un trecho de 20 kilómetros en el Río San Juan.⁸⁷

La contaminación es un gran problema. Los ríos por lo general están biológicamente contaminados con escurrimientos agrícolas y humanos cerca y río abajo de áreas populosas. Actividades de minería y refinerías en las montañas son las fuentes principales de contaminación por químicos y metales especialmente mercurio y cianuro. Escurrimiento de agroquímicos en áreas agrícolas de cultivos intensivos de café, bananos, vegetales, y otras cosechas constituyen un problema en crecimiento. El crecimiento de la industria está agregando una carga adicional a la contaminación química.

Por lo general, el agua superficial en la región de drenaje de la costa del Pacífico es dulce con un total de sólidos disueltos de hasta 792 miligramos por litro. En los manglares y pantanos a lo largo de la costa del Pacífico y en el Estero Real, el agua superficial se puede volver de salobre a salina debido a la intrusión de agua salada y por los efectos de las mareas. La contaminación constituye un problema grande. Los ríos en la región de drenaje por lo general están contaminados biológicamente por el escurrimiento agrícola y humano cerca y río abajo de áreas populosas. El inadecuado tratamiento de las aguas negras en las ciudades y los pueblos permiten que las aguas negras no tratadas o parcialmente tratadas entren a los cauces de los ríos. El crecimiento de la industria y el incremento en el uso de agroquímicos, incluyendo pesticidas y fertilizantes, están agregando una carga adicional a la contaminación por químicos.

El Lago de Managua constituye una preocupación especial debido a que está severamente contaminado. El tratamiento inadecuado de las aguas negras permite que estas aguas que provienen del millón de personas que viven a lo largo de la costa del lago, y que no están tratadas o están solo parcialmente tratadas, se descarguen en el lago. Aproximadamente 300 industrias descargan desperdicios químicos no tratados incluyendo fenoles, benceno, carbono tetraclorito, metileno, clorito, mercurio, plomo, cianuro y otros metales en el lago. Agroquímicos incluyendo pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros escurrimientos agrícolas fluyen libremente en los ríos que descargan en el lago. Debido al nivel de contaminación, el agua proveniente del lago de Managua no es apta para el consumo humano o para la irrigación.

La Laguna de Masaya recibe aguas negras de la ciudad de Managua y está altamente contaminada. La Laguna de Asososca también está siendo amenazada por la contaminación. La Laguna de Apoyeque, Laguna de Apoyo, y la Laguna de Jiloa son todas salobres con un total de sólidos disueltos que oscilan en el rango de los 2,600 a los 4,972 miligramos por litro.⁸⁸ La calidad del agua en estas lagunas no es buena, por lo tanto, no se recomienda para consumo humano.

2. Agua Subterránea

El agua subterránea es adecuada para casi todos los usos, con excepción del agua subterránea que se encuentra cerca de las costas del Pacífico y del Caribe que es de salobre a salina. La calidad del agua subterránea se ve afectada por factores naturales y por factores humanos. Los factores naturales incluyen la dureza, fosfatos, sodio, bacteria, cloruros, sólidos disueltos, materiales orgánicos y contenido de oxígeno disuelto. Entre los contaminantes humanos podemos mencionar nitratos, fosfatos, sodio, potasio, cloruros, bacteria, amonio, nitrógeno, aceite y grasa, metales, sólidos disueltos, cloruro, pesticidas y fertilizantes. Estos contaminantes provienen del escurrimiento agrícola, producción ganadera, efluente industrial, escurrimiento urbano, intrusión de agua de mar, erosión, construcción de carreteras, minería, quemas agrícolas y aguas negras domésticas. Contaminación química y biológica se da en los acuíferos cercanos a centros populosos. En las áreas agrícolas en los alrededores de Managua, en las tierras bajas del Pacífico y en la depresión Nicaragüense, los acuíferos poco profundos están contaminados debido a los pesticidas.⁸⁹ El agua subterránea proveniente de acuíferos ígneos y metamórficos puede tener mal sabor y alteraciones en el color debido al alto contenido de hierro y manganeso. El tratamiento del agua subterránea salina usando un equipo

de desalinización por osmosis reversa es necesario para que el agua pueda ser apta para el consumo humano.

3. Disposición de los Desechos Domésticos

Debido a la falta de fondos, los sistemas de suministro de agua y tratamiento de aguas negras declinaron significativamente durante los años del gobierno sandinista. Se estima que del 30% al 50% de las áreas urbanas poseen sistemas de tratamiento de aguas negras que están funcionando, pero ninguna de las áreas rurales posee estos servicios.^{90,91} En las áreas rurales, los métodos sanitarios se limitan al uso de letrinas, diques de aguas negras o drenajes.⁹²

Recientemente, la INAA inicio el programa de rehabilitación de los sistemas de lagunas de oxidación, con fondos provenientes de una organización internacional. El programa consiste de rehabilitación e instalación de nuevos sistemas de tratamiento en Estelí, Somoto, León, Chinandega, Masaya, y Granada. La tabla 5 muestra el número de lagunas de oxidación y la cantidad de aguas negras tratadas en las áreas urbanas.⁹³

Tabla 5. Ciudades con Sistemas de Tratamiento de Aguas Negras Urbanas

Ciudad	Número de Lagunas de Oxidación Existentes	Volumen Aproximado de Aguas Negras Tratadas (m ³ /yr)
Estelí	6	867,000
Somoto	1	92,250
León	3	3,433,300
Chinandega	1	1,983,000
Masaya	6	2,004,480
Granada	2	1,036,330
San Juan del Sur	1	31,680
Rivas	3	245,980
Total	23	10,194,020

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, "Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos, Anexo B, Calidad de Agua Información Adicional," Managua, sin fecha, p. B-11.

V. Resumen de los Recursos de Agua por Departamento

A. Introducción

Este capítulo resume la información de los recursos de agua de Nicaragua. Esta información puede ser útil a los planificadores de recursos de agua como un panorama general del país con respecto a los recursos de agua disponibles. La figura C-1, Recursos de Agua Superficial, divide el país en categorías de agua superficial identificadas como unidades de mapa de la 1 a la 5. La tabla C-1, que complementa la figura C-1, detalla la cantidad, y calidad de las principales características del agua dentro de cada unidad de mapa y describe el acceso a estas fuentes de agua. La figura C-2, Recursos de Agua Subterránea, divide el país en categorías de agua subterránea identificadas como unidades de mapa de la 1 a la 5. La tabla C-2, complementa la figura C-2 y detalla las características predominantes del agua subterránea de cada unidad de mapa incluyendo descripción del material que componen los acuíferos, espesor de los acuíferos, producción, calidad, y profundidad del agua. Un resumen basado en estas figuras y tablas se proporciona para cada uno de los 15 departamentos y para las 2 regiones autónomas.

B. Condiciones del Agua por Unidad de Mapa

La figura C-1, Recursos de Agua Superficial, divide el país en 5 categorías de unidades de mapa basadas en la calidad, cantidad y disponibilidad del agua por estación. Las unidades de mapa de la 1 a la 2 muestran las áreas donde el agua dulce superficial está perennemente disponible en cantidades de pequeñas a enormes. Las unidades de mapa 3 y 4 muestran áreas donde el agua dulce superficial está disponible según la estación en pequeñas a muy grandes cantidades durante flujos altos. La unidad de mapa 5 muestra áreas donde el agua dulce superficial es escasa o inexistente y donde de escasas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están perennemente disponibles. La figura C-1 también divide el país en tres regiones de drenaje, la región de drenaje de la costa del Caribe, la región de drenaje del río San Juan y la región de drenaje de la costa del Pacífico. Las ubicaciones de ciertas estaciones de aforo y los puntos de toma para muestras de calidad de agua también están indicados en la figura C-1.

La figura C-2, Recursos de Agua Subterránea, divide el país en 5 categorías de unidades de mapa basadas en características hidrogeológicas. Las unidades de mapa de la 1 a la 2, muestran áreas donde el desarrollo del agua subterránea parece ser más favorable y donde el agua dulce generalmente está disponible. Las unidades de mapa de la 3 a la 5 muestran áreas donde el agua dulce es escasa o inexistente o áreas donde el agua subterránea es de salobre a salina.

La calidad y cantidad del agua superficial y subterránea para cada departamento se describe en el texto usando los siguientes términos:

Términos Cuantitativos del Agua Superficial:

Enorme	= >5,000 metros cúbicos por segundo (m ³ /s) (176,550 pies cúbicos por segundo ft ³ /s)
Muy Grande	= >500 a 5,000 m ³ /s (17,655 a 176,550 ft ³ /s)
Grande	= >100 a 500 m ³ /s (3,530 a 17,655 ft ³ /s)
Moderada	= >10 a 100 m ³ /s (350 a 3,530 ft ³ /s)
Pequeña	= >1 a 10 m ³ /s (35 a 350 ft ³ /s)
Muy Pequeña	= >0.1 a 1 m ³ /s (3.5 a 35 ft ³ /s)
Escasa	= >0.01 a 0.1 m ³ /s (0.35 a 3.5 ft ³ /s)
No apta	= ≤0.01 m ³ /s (0.35 ft ³ /s)

Términos Cuantitativos del Agua Subterránea:

Enorme	= >100 litros por segundo (L/s) (1,600 galones por minuto (gal/min)
Muy Grande	= >50 a 100 L/s (800 a 1,600 gal/min)
Grande	= >25 a 50 L/s (400 a 800 gal/min)
Moderada	= >10 a 25 L/s (160 a 400 gal/min)
Pequeña	= >4 a 10 L/s (64 a 160 gal/min)
Muy Pequeña	= >1 a 4 L/s (16 a 64 gal/min)
Escasa	= >0.25 a 1 L/s (4 a 16 gal/min)
No apta	= ≤0.25 L/s (4 gal/min)

Términos Cualitativos:

Agua Dulce	= máximo totales de sólidos disueltos (TSD) ≤1,000 miligramos por litro (mg/L); máximo cloruro ≤600 mg/L; y máximo sulfatos ≤300 mg/L
Agua Salobre	= máximo TSD >1,000 mg/L pero ≤15,000 mg/L
Agua Salina	= TSD >15,000 mg/L

C. Condiciones de Agua por Departamento y Región Autónoma

La información que se presenta a continuación para cada departamento se recopiló de las figuras C-1 y C-2 y de las tablas C-1 y C-2. La narrativa para cada departamento o región autónoma consiste de un resumen general y regional de los recursos de agua superficial y subterránea obtenidos de generalidades a escala de país. Localmente las condiciones descritas pueden diferir. Los resúmenes de los departamento deberán ser utilizados en combinación con las figuras C-1 y C-2 y las tablas C-1 y C-2. Se necesita de información adicional para describir adecuadamente los recursos de agua de un departamento o región en particular. La información específica de los pozos era muy escasa y para muchas áreas no estaba disponible. Para todas las áreas que parecen ser adecuadas para la perforación de pozos tácticos y de bombas manuales, se deberán investigar las condiciones locales antes de iniciar un programa de perforación de pozos.

Departamento de Boaco

Area y Tamaño Relativo:	4,244 kilómetros cuadrados (3.5% del país)
Población Estimada (1995):	136,949 (3.0% de la población)
Densidad de la Población:	32 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental :	Boaco
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte central del país y bordea la parte noreste del Lago de Nicaragua.

Agua Superficial:

Agua dulce superficial está perennemente disponible en cantidades de pequeñas a muy grandes en una reducida parte del departamento que se extiende a lo largo del Río Grande de Matagalpa, y sus tributarios. Enormes cantidades están disponibles provenientes del Lago de Nicaragua. Estas áreas están marcadas en las unidades de mapa 1 y 2. El agua dulce superficial está disponible de acuerdo a la estación, proveniente de ríos y lagos en el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. De pequeñas a muy grandes cantidades están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos es de diciembre a abril, es en esta época cuando solamente de pequeñas a escasas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos menos los más grandes se secan por períodos largos durante la estación de flujos bajos. La capital departamental de Boaco está localizada en la unidad de mapa 4.

En la mitad oriental del departamento, el acceso es difícil debido a la densa vegetación y terreno empinado y pedregoso. El acceso a los recursos de agua y su desarrollo generalmente no es muy difícil en la mitad occidental del departamento, sin embargo, puede verse obstaculizado localmente por la falta de carreteras, terreno escabroso y pantanos.

Agua Subterránea:

Las mejores zonas para la exploración del agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados en el extremo sur del departamento a lo largo del Lago de Nicaragua tal como se ha marcado en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 10% del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de los acuíferos de la era Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas. Arena y grava están generalmente intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y los 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuye. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. Los acuíferos poco profundos pueden estar biológicamente contaminados cuando están cerca de las poblaciones. Cuando los acuíferos aluviales se desarrollan en forma correcta, son adecuados para pozos municipales y de irrigación.

La unidad de mapa 2 cubre una pequeña área (10%) y está localizada en la parte sudoeste del departamento. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de fuentes localizadas en fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos en las áreas cubiertas por la unidad de mapa 2. La calidad del

agua subterránea es generalmente dulce pero ligeramente alcalina y varía en temperatura de caliente a fría debido a la actividad geotérmica. La dureza oscila de suave a dura. La calidad de alguna de las fuentes puede ser de salobre a salina y oscilar desde ligeramente alcalina a fuertemente ácida. También están disponibles de escasas a muy grandes cantidades de agua dulce provenientes de rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria. Los principales acuíferos son: Grupo Las Sierras consistente de rocas piroclásticas de basálticas a andesíticas; Grupo Volcánico de Masaya compuesto de lavas basálticas a andesíticas y materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria y ceniza) y Grupo Volcánico Apoyo consistente de pomas y lavas.

La mayor parte del departamento de Boaco está localizado dentro de la unidad de mapa 4 (80%). De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en distintos materiales de las eras Terciaria a Cuaternaria, tales como andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, ceniza volcánica intercalada con areniscas, rocas arcillosas y piedras calizas a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Miocena Tamarindo (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Machucha (areniscas, piedra arcillosa, y calizas cristalizadas). Cantidades de pequeñas a no aptas de agua dulce también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y en suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de 6 metros. Los acuíferos son aptos para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El acceso es difícil en la densa vegetación y en el terreno empinado. El agua subterránea poco profunda está por lo general biológicamente contaminada cerca de centros poblacionales. Debido a la baja permeabilidad, producciones y a lo difícil del acceso, la exploración del agua subterránea en estas áreas durante ejercicios militares no es recomendable sin un reconocimiento específico del lugar. La perforación de pozos que sean funcionales dependerá de encontrar fracturas que tengan agua.

Departamento de Carazo

Area y Tamaño Relativo:	1,050 kilómetros cuadrados (0.9% del país)
Población Estimada (1995):	149,407 (4% de la población)
Densidad de la Población:	142 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Jinotepe
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte oeste del país y bordea el Océano Pacífico.

Agua Superficial:

Tal como se muestra en la unidad de mapa 4, el agua dulce superficial está disponible dependiendo de la estación del año y proveniente de ríos, pequeños lagos y pantanos a través de todo el departamento de Carazo. De pequeñas a grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril, la mayoría de los ríos están secos durante largos períodos de tiempo. La capital departamental de Jinotepe está ubicada en la unidad de mapa 4.

El acceso y el desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente fácil, sin embargo, localmente puede volverse difícil debido a la densa vegetación y la falta de buenas carreteras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea la constituyen los acuíferos aluviales localizados en la parte sur del departamento a lo largo de la costa del Pacífico, tal como se muestra en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de la eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de gravas y arenas no consolidadas con lentes de areniscas y capas de grava y arena entremezcladas con barro y sedimento, a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que los porcentajes de barro y sedimento disminuyen. El agua subterránea es de suave a moderadamente dura. Zonas de agua salada se extienden por debajo de las zonas de agua dulce en áreas costeras, por lo tanto, se deberán tomar precauciones al bombear al agua para evitar la intrusión de agua salada. Los pozos de agua salada necesitarán de un equipo desalinizador por osmosis reversa para el agua. Los acuíferos poco profundos localizados cerca de poblaciones pueden estar biológicamente contaminados. El acceso es generalmente fácil, pero podría ser difícil localmente en áreas densamente forestadas y a lo largo de la costa en áreas que están sujetas a inundaciones. Cuando los acuíferos aluviales son desarrollados correctamente son apropiados para suministrar agua a pozos municipales o de irrigación.

La unidad de mapa 2 cubre aproximadamente el 40% del departamento y está localizada en la parte norte del mismo. En las áreas cubiertas por la unidad de mapa 2, de pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de fuentes alimentadas por fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce aunque ligeramente alcalina y su temperatura varía debido a la actividad geotermal. La dureza del agua oscila de suave a dura. La calidad de algunas de las fuentes puede ser de salobre a salina y

oscila de ligeramente alcalina a altamente ácida. También están disponibles de escasas a grandes cantidades de agua dulce provenientes de rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria. Entre los principales acuíferos se encuentran: El grupo Las Sierras que consiste de rocas piroclásticas basálticas a andesitas; El grupo volcánico de Masaya compuesto de lavas basálticas a andesitas y de materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria, y ceniza); y el Grupo Volcánico Apoyo que consiste de pomas dacitas y lavas dacíticas.

La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 40% del departamento y se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico. De inadecuadas a pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles de las eras Cretácea a Terciaria en lechos de areniscas de escasos a masivos, como también de piedras calizas, lajillas, conglomerados y breccia, en parte tufáceos. También se encuentran localmente coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al acuífero es generalmente de 20 a 200 metros. Los acuíferos principales son: Formación Eoceno Machuca (piedras calizas y grava); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas, conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, volcánicos) y la Formación Cretácea Rivas (areniscas y lajillas). La dureza del agua en las areniscas es suave y en las piedras calizas es dura. El agua local puede tener un olor desagradable debido al alto contenido de sulfuro. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones en el nivel freático del agua y en la región de la costa del Pacífico se pueden secar durante los meses de noviembre a abril. La ubicación de los pozos es generalmente una tarea difícil ya que muchos pozos producen únicamente cantidades escasas. Los pozos ubicados en material arenoso grueso con bajos porcentajes de barro van a producir mayores cantidades de agua subterránea. La perforación de pozos sobre breccia requiere de técnicas de perforación en superficie dura. Los pozos deberán ser recubiertos y provistos de rejillas. El acceso al lugar se dificulta debido a la densa vegetación y a lo escabroso del terreno. Estos acuíferos son apropiados para bombas manuales; la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producción de 3.3 litros por segundo (50 galloones por minuto) y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El agua subterránea poco profunda cercana a centros poblacionales podría estar biológicamente contaminada. La capital departamental de Jinotepe está ubicada en esta unidad de mapa.

Departamento de Chinandega

Area y Tamaño Relativo:	4,926 kilómetros cuadrados (4.1% del país)
Población Estimada (1995):	350,212 (8% de la población)
Densidad de la Población:	71 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Chinandega
Ubicación:	El departamento está ubicado en la parte oeste del país a lo largo del Océano Pacífico, fronterizo con Honduras.

Agua Superficial:

Tal como se muestra en la unidad de mapa 3 y 4, el agua dulce superficial está disponible estacionalmente proveniente de ríos, lagos y pantanos en la mayor parte del departamento. La unidad de mapa 3 cubre las partes noroeste y costeras del departamento, mientras que la unidad de mapa 4 cubre la parte oriental. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril, la mayoría de los ríos se secan durante largos períodos de tiempo. El agua dulce superficial es escasa o inexistente en las tierras húmedas costeras y en el estuario del Estero Real, tal como se muestra en la unidad de mapa 5. De escasas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están disponibles en estuarios, lagunas costeras, pantanos creados por las mareas y manglares. La capital departamental de Chinandega está localizada en la unidad de mapa 3.

Por lo general, el acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo no es difícil. El acceso localmente puede ser obstaculizado debido a la densa vegetación, lo escabroso del terreno y la falta de carreteras. El acceso al estuario del Estero Real es muy difícil, así como también lo es a los pantanos costeros debido a la densa vegetación, la humedad del terreno y la falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales mostrados en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 45% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles de acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a la Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena no consolidada y grava con lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades mayores están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento en el acuífero disminuye. Se ha reportado que los pozos en el área de Chinandega producen más de 67 litros por segundo. El agua subterránea es de suave a moderadamente dura. Zonas de agua salada atraviesan por debajo de las zonas de agua dulce en el área costera, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea el agua para evitar la intrusión de agua salada. Los pozos de agua salada necesitarán un equipo desalinizador por osmosis reversa para el agua. El acceso es generalmente fácil, aunque puede ser obstaculizado en áreas de densa vegetación y en áreas a lo largo de la costa que están sujetas a inundaciones. Cuando los acuíferos aluviales se desarrollan en forma adecuada, son apropiados para suministrar agua a pozos de irrigación y municipales. La capital departamental de Chinandega está localizada en esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 2 se extiende de noroeste a sudeste y cubre aproximadamente 20% del área. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de fuentes que son alimentadas por fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos en las áreas cubiertas por la unidad de mapa 2. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce pero ligeramente alcalina y su temperatura varían de caliente a helada. La dureza oscila de suave a dura. La calidad de algunas de las fuentes puede ser de salobre a salina y oscilar de ligeramente alcalina a altamente ácida. De escasas a muy grandes cantidades de agua dulce también están disponibles de rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria. Los principales acuíferos son: El grupo de Las Sierras, consistente de rocas piroclásticas de basálticas a andesitas; El grupo Volcánico de Masaya, compuesto de lavas basálticas a andesitas y materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria y ceniza); y el grupo Volcánico Apoyo consistente de pomas dacitas piroclásticas y lavas dacíticas.

Aproximadamente el 25% del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 4. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras arcillosas y piedras calizas de la era Terciaria a Cuaternaria y a profundidades que oscilan entre 15 y 150 metros. Los acuíferos más importantes son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos y andesitas); y Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas y calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila de ligeramente a moderadamente dura, Los pozos que son perforados en materiales no consolidados que están sobre el lecho de la roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación sobre basaltos requiere de técnicas de perforación sobre superficies de rocas duras. El acceso al lugar es difícil debido a la densa vegetación y a lo montañoso del terreno. De pequeñas a inadecuadas cantidades de agua dulce también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre los lechos de roca a profundidades generalmente mayores de los 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y para pozos tácticos con producción de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) así como también para pozos con bombas sumergibles pequeñas.

Aproximadamente el 10% del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 5 donde la exploración de agua subterránea no es recomendable. Cantidades de agua de escasas a inadecuadas están disponibles en granitos, dioritas, granodioritas, filitas, esquistos, mármol y cuarzos de la era Paleozoica en profundidades que oscilan entre los 20 y 200 metros. El agua subterránea local puede tener mal sabor y cambios en el color debido al alto contenido de hierro y manganeso. La ubicación de pozos es muy difícil y la mayoría de estos no son productivos. En esta zona, se requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso al lugar se ve limitado por la densa vegetación y el terreno montañoso. El agua subterránea poco profunda por lo general está biológicamente contaminada en lugares cercanos a centros poblacionales.

Departamento de Chontales

Area y Tamaño Relativo:	6,378 kilómetros cuadrados (5.3% del país)
Población Estimada (1995):	144,635 (3% de la población)
Densidad de la Población:	23 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Juigalpa
Ubicación:	El departamento está localizado in la parte sur-central del país a lo largo del lado noreste del Lago de Nicaragua.

Agua Superficial:

En una pequeña parte del departamento que se extiende a lo largo del Río Mico y el Río Siquia, el agua dulce está perennemente disponible en pequeñas a muy grandes cantidades. Cantidades enormes están disponibles del Lago de Nicaragua. Estas áreas se muestran en las unidades de mapa 1 y 2. En el resto del departamento el agua dulce superficial está disponible estacionalmente de lagos y ríos tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. De pequeñas a grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos es de diciembre a abril, durante este tiempo de escasas a muy pequeñas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos se secan por largos períodos de tiempo, menos los ríos grandes. La capital departamental de Juigalpa está localizada en la unidad de mapa 3, a lo largo del Río Mayales.

El acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo es generalmente difícil debido a lo empinado y escabroso del terreno, a la densa vegetación, las tierras húmedas y la falta de carreteras. A lo largo de la costa del Lago de Nicaragua el acceso no es difícil, sin embargo, la densa vegetación y la falta de carreteras puede dificultar el acceso.

Agua Subterránea:

Tal como se muestra en la unidad de mapa 1, las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales que se encuentran en la parte sudoeste del departamento y en una pequeña área en el extremo este. Aproximadamente el 25% del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de arena intercalados con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes de agua están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuyen en el acuífero. La dureza del agua subterránea se puede clasificar de suave a moderadamente dura. El acceso al lugar es generalmente fácil, sin embargo, puede ser limitado en áreas de vegetación densa y terrenos empinados. Los acuíferos poco profundos que se encuentran localizados cerca de centros poblacionales podrían estar biológicamente contaminados. Cuando se desarrollan apropiadamente los acuíferos aluviales son adecuados para pozos de irrigación y municipales.

Aproximadamente el 75% del departamento se encuentra localizado en la unidad de mapa 4. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos de las eras Terciaria a Cuaternaria que se encuentran a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros y que están compuestos de andesitas, basaltos,

ignimbritas, tufas y ceniza volcánica intercaladas con areniscas, piedras arcillosas y piedras calizas. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); y Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas, y calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila desde ligeramente moderada hasta dura. Los pozos perforados en materiales no consolidados sobre el lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basaltos requiere de técnicas de perforación en roca dura. El Acceso al lugar es difícil debido a la densa vegetación y a lo montañoso del terreno. De inadecuadas a pequeñas cantidades de agua dulce están también disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a una profundidad generalmente mayor de los 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y para pozos equipados con bombas pequeñas sumergibles. La capital departamental de Juigalpa se encuentra en esta unidad de mapa.

Departamento de Estelí

Area y Tamaño Relativo:	2,335 kilómetros cuadrados (1.9% del país)
Población Estimada (1995):	174,894 (4% de la población)
Densidad de la Población:	75 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Estelí
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte noroeste del país.

Agua Superficial:

Como se muestra en la unidad de mapa 4, el agua dulce superficial está disponible estacionalmente en ríos, pequeños lagos y pantanos a través de casi todo el departamento. La unidad de mapa 3 está localizada a lo largo del Río Estelí. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril, la mayoría de los ríos se secan por largos periodos de tiempo. La capital departamental de Estelí está localizada en la unidad de mapa 4.

El acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo es difícil debido a lo empinado y escabroso del terreno, a la densa vegetación, tierras pantanosas y la falta de carreteras.

Agua Subterránea:

La mejores áreas para la exploración de agua subterránea es donde se encuentran los acuíferos aluviales que están en tres pequeñas áreas diseminadas a través del departamento tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 25% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles en los acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de grava y arena no consolidada con lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimento, se encuentran a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuyen. La dureza del agua subterránea se puede clasificar de suave a moderadamente dura. El acceso al lugar es generalmente fácil, sin embargo, puede ser limitado en áreas de densa vegetación y en terrenos empinados. Los acuíferos poco profundos que se encuentran cerca de centros poblacionales podrían estar biológicamente contaminados. Cuando los acuíferos aluviales se desarrollan en forma adecuada estos son apropiados para pozos municipales y de irrigación. La capital departamental de Estelí se encuentra en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 15% del departamento se encuentra en esta unidad de mapa. Existen áreas donde hay únicamente de escasas a moderadas cantidades de agua dulce provenientes de acuíferos de las eras Terciaria a Cuaternaria compuestos de andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras arcillosas y piedras calizas. Estos acuíferos se encuentran a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Entre los acuíferos principales están: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas y calizas cristalizadas. De inadecuadas a pequeñas

cantidades de agua dulce también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de 6 metros. La dureza del agua oscila entre ligeramente moderada a dura. Los pozos que se perforan en materiales no consolidados sobre el lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basaltos requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso al lugar es difícil debido a la densa vegetación y a lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales, pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y para pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles.

Departamento de Granada

Area y Tamaño Relativo:	929 kilómetros cuadrados (0.8% del país)
Población Estimada (1995):	155,683 (4% de la población)
Densidad de la Población:	168 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Granada
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte sudeste del país a lo largo del lado noroeste del Lago de Nicaragua.

Agua Superficial:

El agua dulce está siempre disponible en enormes cantidades provenientes del lago de Nicaragua tal como se muestra en la unidad de mapa 1. El agua dulce superficial está estacionalmente disponible de ríos, lagos y pantanos en la mayor parte del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. De pequeñas a grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril, la mayoría de los ríos se secan por largos períodos de tiempo. El agua dulce superficial es escasa o inexistente en algunas partes del departamento como se muestra en la unidad de mapa 5 y en algunas áreas que son demasiado pequeñas para ser mostradas en un mapa a escala del país. De escasas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están disponibles provenientes del valle del Río Tipitapa y de lagos localizados en las calderas de algunos volcanes. La capital departamental de Granada está localizada en la unidad de mapa 1.

El acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo generalmente no es difícil. La densa vegetación y la falta de carreteras pueden dificultar el acceso. El terreno pantanoso y húmedo, densa vegetación y falta de carreteras a lo largo del río Tipitapa dificultan el acceso.

Agua Subterránea:

Como se muestra en la unidad de mapa 1 las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados en las extremos norte y sur. Aproximadamente el 50% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas intercalados con barro y sedimento y se encuentran a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades mayores de agua están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento en el acuífero disminuye. La dureza del agua es de suave a moderada. El acceso al lugar es generalmente fácil, pero puede verse limitado en áreas de densa vegetación y terrenos empinados. Los acuíferos poco profundos localizados cerca de centros poblacionales podrían estar biológicamente contaminados. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan adecuadamente son apropiados para pozos municipales y de irrigación. La capital departamental de Granada está localizada en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 30% del departamento al sur del pueblo de Granada y de Isla Zapatera está localizado en la unidad de mapa 2. De pequeñas a enormes cantidades

de agua dulce están disponibles provenientes de fuentes alimentadas por fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos en áreas cubiertas por la unidad de mapa 2. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce, aunque ligeramente alcalina y su temperatura varía de caliente a helada. La dureza oscila de suave a dura. La calidad del agua de los ríos puede ser de salobre a salina y oscila entre ligeramente alcalina y altamente ácida. De escasas a muy grandes cantidades de agua dulce también están disponibles en rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria. Entre los acuíferos principales están: El grupo Las Sierras que consiste de rocas piroclásticas de basálticas a andesitas; Grupo Masaya Volcánico compuesto de lavas basálticas a andesitas y materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria y ceniza); y Grupo Volcánico Apoyo consistente de pomas dacitas y lavas dacíticas.

La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 20% del departamento y está localizada en el extremo sur. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas están disponibles en materiales de las eras Cretácea a Terciaria tales como areniscas intercaladas de delgadas a masivas, piedras calizas, lajillas, conglomerados y breccia, en parte tufáceas. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al agua oscila entre los 20 a 200 metros. Los acuíferos principales son los siguientes: Formación Machuca Eoceno (calizas y gravas); Formación Masachapa Oligoceno (areniscas, arenas tufáceas, conglomerados); Formación Brito Eoceno (arenas, coquinas, volcánicas); y Formación Cretácea Rivas (areniscas y lajillas). La dureza del agua oscila de suave en las areniscas a dura en las piedras calizas. El agua local puede tener un olor fuerte debido al alto contenido de sulfito hidrógeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones en el nivel freático del agua y se pueden secar de noviembre a abril en la región del Pacífico. La localización de pozos es generalmente difícil ya que muchos pozos producen únicamente cantidades mínimas de agua. Los pozos localizados en material de grueso a arenoso con bajos porcentajes de barro producirán grandes cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación sobre roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso al lugar se ve obstaculizado debido a la densa vegetación y a lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto), también para pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. El agua subterránea poco profunda podría estar contaminada cerca de centros poblacionales.

Departamento de Jinotega

Area y Tamaño Relativo:	9,755 kilómetros cuadrados (8.0% del país)
Población Estimada (1995):	257,933 (6% de la población)
Densidad de la Población:	26 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Jinotega
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte noroeste del país a lo largo de la frontera con Honduras.

Agua Superficial:

El agua dulce superficial está disponible en forma perenne en cantidades de pequeñas a muy pequeñas a lo largo de los ríos Bocay, Coco, Siquia y sus tributarios. Enormes cantidades están disponibles provenientes del Lago Apanas. Estas áreas están marcadas en las unidades de mapa 1 y 2. El agua dulce superficial está disponible estacionalmente proveniente de ríos y lagos en el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. La unidad de mapa 3 se encuentra por lo general en la parte este del departamento, mientras que la unidad de mapa 4 está en la parte oeste. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril solamente de escasas a muy pequeñas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos, excepto los más grandes, se secan por períodos largos durante la estación seca. La capital departamental de Jinotega está localizada en la unidad de mapa 4.

El acceso a los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido a lo empinado y escabroso del terreno, la densa vegetación, tierras húmedas y falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales que se extienden de noreste a sudoeste a lo largo de la parte central del departamento, tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 25% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas, arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes de agua están disponibles a medida que la cantidad del barro y la sedimento disminuye en el acuífero. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. En áreas costeras, zonas de agua salina se extienden por debajo de las zonas de agua dulce, por lo tanto, se deberá tener cuidado cuando se bombea agua para evitar la intrusión de agua salada. Los pozos de agua salada requerirán de equipo desalinizador por osmosis reversa para el agua. El acceso al lugar es generalmente fácil, pero puede ser limitado en ciertas áreas debido a la densa vegetación y en áreas a lo largo de la costa que están sujetas a las inundaciones estacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan adecuadamente son apropiados para pozos municipales y de irrigación.

La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 25% del departamento y está localizada en la parte central y norte del país. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas están disponibles en materiales de la era Cretácea a Terciaria tales como areniscas de delgadas a masivas, piedras calizas, lajillas, y brechas; todas

en parte tufáceas. Localmente se pueden encontrar piroclásticos, coquinas y diabasas. La profundidad al acuífero oscila generalmente entre 20 y 200 metros. Entre los acuíferos principales están: Formación Eoceno Machuca (piedras calizas, gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas y conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, volcánicas); y Formación Cretácea Rivas (areniscas, lajillas). La dureza del agua oscila desde suave en las areniscas hasta dura en las piedras calizas. El agua local puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfito hidrogeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones estacionales en su nivel freático del agua y pueden secarse durante los meses de noviembre a abril. La localización de pozos es generalmente difícil y muchos pozos producen únicamente cantidades mínimas de agua. Los pozos que se ubican en materiales de gruesos a arenosos con bajos porcentajes de barro son los que producirán mayores cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán tener revestimiento y estar provistos de rejillas. El acceso al lugar se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada en lugares cercanos a centros poblacionales.

La unidad de mapa 4 cubre aproximadamente el 45% del departamento, principalmente en los extremos sur y este del departamento. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en materiales de las eras Terciaria a Cuaternaria tales como andesitas, basaltos, ignimbritas, tufos y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras arcillosas y calizas a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Entre los acuíferos principales están la Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); y Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas y calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila de ligeramente a moderadamente dura. Los pozos perforados en material no consolidado sobre lechos de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso al lugar es difícil debido a la densa vegetación y a lo montañoso del terreno. De inadecuadas a pequeñas cantidades de agua dulce están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y en suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de los 6 metros. Estos acuíferos son adecuados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros y para pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. La capital departamental de Jinotega está localizada en esta unidad de mapa.

Departamento de León

Area y Tamaño Relativo:	5,107 kilómetros cuadrados (4.2% del país)
Población Estimada (1995):	336,894 (8.0% de la población)
Densidad de la Población:	66 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	León
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte oeste del país a lo largo de la costa del océano Pacífico y el Lago de Managua.

Agua Superficial:

El agua dulce superficial está perennemente disponible en enormes cantidades provenientes del Lago de Managua tal como se muestra en la unidad de mapa 1. El agua dulce superficial está disponible estacionalmente proveniente de ríos y pequeños lagos en el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. La unidad de mapa 3 cubre las partes costeras noroestes del departamento, mientras que la unidad de mapa 4 cubre la mayoría del resto del departamento. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos es de diciembre a abril cuando únicamente de escasas a muy pequeñas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4 todos los ríos menos los más grandes se secan durante períodos largos mientras dura la estación de flujos bajos. El agua dulce superficial es escasa o inexistente en las tierras húmedas costeras, tal como se muestra en la unidad de mapa 5 y también en áreas que son muy pequeñas como para mostrarlas en un mapa a escala del país. De mínimas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están disponibles en los estuarios, lagunas costeras, pantanos dejados por las mareas, manglares y lagos en calderas de algunos volcanes. Durante la estación de flujos bajos, algunas áreas pantanosas a lo largo de la costa del Lago de Managua pueden volverse temporalmente salobres. La capital departamental de León está localizada en la unidad de mapa 3.

El acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo no es difícil. Sin embargo, lo escabroso del terreno, la densa vegetación y la falta de carreteras puede dificultar el acceso al lugar.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales que están presentes a lo largo del Lago de Managua, la costa del Pacífico y varias áreas dispersas a lo largo del departamento tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 35% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas y arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuye. Se ha reportado que los pozos en el área de León producen más de 67 litros por segundo (1,000 galones por minuto). El agua subterránea es suave a moderadamente dura. Zonas de agua salada se ubican por debajo de las zonas de agua dulce en las

áreas costeras, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para evitar la intrusión de agua salada. Los pozos de agua salada requerirán de equipo de osmosis reversa para desalinizar el agua. El acceso al lugar es generalmente fácil, pero puede verse limitado localmente en áreas de vegetación densa, y áreas que están a lo largo de la costa y son sujetas a las inundaciones. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan adecuadamente son apropiados para pozos de irrigación y pozos municipales. La capital departamental de León está localizada en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 25% del departamento está localizado en la unidad de mapa 2. La unidad de mapa 2 está ubicada en un área que se extiende de noroeste a sureste del Lago de Managua. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles en fuentes provenientes de fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos en áreas incluidas en la unidad de mapa 2. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce, aunque ligeramente alcalina y la temperatura varía de caliente a helada. La dureza oscila entre suave y dura. La calidad de algunas de las fuentes de agua puede ser de salobre a salina y oscilar entre ligeramente alcalina a altamente ácida. De mínimas a muy grandes cantidades de agua dulce también están disponibles en rocas volcánicas de las eras Terciaria a Cuaternaria. Los principales acuíferos son el Grupo Las Sierras que consiste de rocas piroclásticas basálticas a andesitas; el Grupo Masaya compuesto de lavas basálticas a andesitas y de materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria, y ceniza); y el Grupo Volcánico Apoyo consistente de pomas dacitas piroclásticas y lavas dacíticas.

La unidad de mapa 4 está localizada en áreas dispersas a través del departamento y ocupa aproximadamente el 35% del departamento. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en materiales de las eras Terciaria a Cuaternaria tales como andesitas, basaltos, ignimbritas, tufos, y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras arcillosas y calizas a profundidades que oscilan entre 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son la Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); El Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); y Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas y calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila entre ligeramente dura a moderadamente dura. Los pozos que se perforan en material no consolidado sobre el lecho de roca deberían ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil en áreas de densa vegetación y donde el terreno es montañoso. De inadecuadas a pequeñas cantidades de agua dulce están también disponibles en gravas gruesas y suelos lateríticos sobrepuestos en lechos de roca a profundidades generalmente mayores de los 6 metros. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas.

Departamento de Madriz

Area y Tamaño Relativo:	1,602 kilómetros cuadrados (1.3% del país)
Población Estimada (1995):	107,567 (2% de la población)
Densidad de la Población:	67 personas por kilómetros cuadrado
Capital Departamental:	Somoto
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte noroeste del país a lo largo de la frontera con Honduras.

Agua Superficial:

En el área a lo largo del Río Coco (unidad de mapa 2), el agua dulce superficial está disponible de moderadas a grandes cantidades durante la estación lluviosa y en muy pequeñas a pequeñas cantidades durante la estación seca. En el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4, el agua dulce está disponible en forma estacional proveniente de ríos y lagos. La unidad de mapa 3 está localizada a lo largo de algunos tributarios del Río Coco. La unidad de mapa 4 cubre el resto del departamento. Durante los meses de mayo a noviembre, período que constituye la estación de flujos altos, cantidades de agua de pequeñas a muy grandes están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos excepto los más grandes se secan durante la estación de flujos bajos. La capital departamental de Somoto está ubicada en la unidad de mapa 4.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido a lo escabroso del terreno, empinadas pendientes, precipicios profundos, densa vegetación y falta de caminos adecuados.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 10% del departamento se encuentra ubicado en la unidad de mapa 1. En los acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a Reciente se pueden encontrar de pequeñas a grandes cantidades de agua dulce. Estos acuíferos están compuestos de grava y arena no consolidadas con lentes de areniscas con barro y sedimentos intercalados, a profundidades que oscilan desde los 5 a los 60 metros. Cantidades más grandes de agua están disponibles a medida que los porcentajes de barro y sedimento disminuyen en los acuíferos. El agua subterránea es moderadamente dura. El acceso al lugar es generalmente fácil, sin embargo puede verse afectado en áreas de vegetación densa y terreno empinado. Los acuíferos poco profundos podrían estar biológicamente contaminados si se encuentran cerca de centros poblacionales. Cuando los acuíferos aluviales se desarrollan adecuadamente son apropiados para pozos municipales y de irrigación.

Aproximadamente el 25% del departamento está localizado en la unidad de mapa 3. Cantidades inadecuadas a pequeñas de agua dulce están disponibles en materiales de las eras Cretácea a Terciaria tales como: areniscas intercaladas de delgadas a macizas, piedras calizas, lajillas, conglomerados, y breccia; en parte tufácea. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al agua generalmente oscila entre 20 y 200 metros. Los acuíferos principales son: Formación Eoceno Machuca (calizas y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas,

arenas tufáceas y conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas y volcánicas); Formación Cretácea Rivas (areniscas y lajillas). La dureza del agua oscila desde suave en las areniscas hasta dura en las calizas. El agua local puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfito hidrogeno. Los pozos poco profundos pueden estar sujetos a fluctuaciones estacionales en el nivel freático y por lo tanto, pueden secarse durante los meses de noviembre a abril. La ubicación de los pozos es generalmente difícil ya que muchos pozos producen únicamente pequeñas cantidades de agua. Los pozos que se ubican en material grueso a arenoso con porcentajes bajos de barro son los que producirán las mayores cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso al lugar se ve obstaculizado por la densa vegetación y el terreno montañoso. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El agua subterránea poco profunda puede estar contaminada cerca de centros poblacionales.

Aproximadamente el 30% del departamento está localizado en la unidad de mapa 4. Cantidades de agua dulce de escasas a moderadas están disponibles en materiales de las eras Terciaria a Cuaternaria tales como: andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, y ceniza volcánica intercala con areniscas, piedras sedimentosas y piedras calizas, a profundidades que oscilan entre 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Machucha (areniscas, piedras sedimentosas y calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila entre ligeramente dura a moderadamente dura. Los pozos que se perforan en materiales no consolidados que se encuentran sobre el lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basaltos requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil en zonas de vegetación densa y terreno montañoso. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y en suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales, pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo y pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. La capital departamental de Somoto está localizada en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 35% del Departamento de Madriz está localizado en la unidad de mapa 5 donde la exploración de agua subterránea no es recomendable. Cantidades de inadecuadas a escasas de agua dulce están disponibles estacionalmente en los siguientes materiales de la era paleozoica: granito, diorita, granodiorita, filita, esquisto, pizarra, mármol, y cuarcito, a profundidades que oscilan entre 20 y 200 metros. La dureza del agua es generalmente suave, sin embargo, puede tener un sabor desagradable debido al contenido de hierro y manganesio. La ubicación de pozos es difícil. La mayoría de los pozos no son productivos. Se requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso al lugar se ve obstaculizado por la densa vegetación, y por el terreno montañoso. El agua subterránea poco profunda generalmente está contaminada cerca de los centros poblacionales.

Departamento de Managua

Area y Tamaño Relativo:	3,672 kilómetros cuadrados (3.0% del país)
Población Estimada(1995):	1,093,760 (25% de la población) El departamento más poblado de Nicaragua
Densidad de la Población:	298 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Managua
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte central-oeste del país a lo largo del océano Pacífico y el Lago de Managua.

Agua Superficial

Tal como se muestra en la unidad de mapa 1, el agua dulce superficial está disponible en forma perenne en cantidades enormes provenientes del Lago de Managua. El agua dulce superficial está disponible en forma estacional proveniente de ríos, lagos y pantanos en la mayor parte del departamento tal como se muestra en la unidad de mapa 4. Durante la estación de flujos altos, de mayo a noviembre, cantidades de agua dulce de pequeñas a muy grandes están disponibles. Durante la estación de flujos bajos, de diciembre a abril, la mayor parte de los ríos se secan por largos períodos de tiempo. Tal como se muestra en la unidad de mapa 5, el agua dulce superficial es escasa o inexistente en partes pequeñas del departamento y en áreas tan pequeñas que no se pueden mostrar en un mapa a escala del país. Cantidades enormes de agua de salobre a salina están disponibles en el valle del Río Tipitapa y en lagos localizados en las calderas de algunos volcanes. Durante el estación de flujos bajos, algunas áreas pantanosas localizadas a lo largo de la costa del lago de Managua se pueden volver temporalmente salobres. La capital departamental de Managua está localizada en la unidad de mapa 1.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua generalmente no es difícil. Sin embargo, la densa vegetación y la falta de carreteras pueden limitar el acceso. La tierra húmeda y pantanosa, densa vegetación y la falta de carreteras impiden el acceso en el valle del Río Tipitapa.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea las constituyen los acuíferos aluviales localizados a lo largo del Lago de Managua y en zonas dispersas a lo largo de la costa del Pacífico, tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 20% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. Cantidades de agua dulce de pequeñas a muy grandes están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimentos a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuye en el acuífero. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. Zonas de agua salina se encuentran por debajo de las zonas de agua dulce en áreas costeras, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para evitar la intrusión de agua salina. Los pozos de agua salina requerirán de un equipo desalinizador por osmosis reversa para el agua. El acceso al lugar es generalmente fácil, aunque puede verse limitado en áreas de vegetación densa y en zonas a lo largo de la costa que están

sujetas a inundaciones. Los acuíferos aluviales son apropiados para pozos municipales y de irrigación.

Aproximadamente el 50% del departamento está localizado en áreas dispersas tal como se muestra en la unidad de mapa 2. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles en fuentes provenientes de fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos en áreas cubiertas por la unidad de mapa 2. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce pero ligeramente alcalina y su temperatura varía de caliente a helada. La dureza oscila de suave a dura. La calidad de algunas de las fuentes puede ser de salobre a salina y oscilar desde ligeramente alcalina a altamente ácida. De escasas a muy grandes cantidades de agua dulce también están disponibles provenientes de rocas volcánicas de la era Terciaria a Cuaternaria. Entre los acuíferos principales se encuentran los siguientes: Grupo Las Sierras, compuesto de rocas piroclásticas de basálticas a andesitas; Grupo Volcánico Masaya, compuesto de lavas de basálticas a andesitas y material piroclástico (breccia volcánica, escoria y ceniza); y Grupo Volcánico Apoyo que consiste de pomas dacitas piroclásticas y lavas dacíticas. La ciudad capital de Managua está localizada en esta unidad de mapa. Pozos que han sido perforados en el Departamento de Managua al sur del Lago de Managua indican los niveles de agua de los acuíferos poco profundos (penetración al nivel estático del agua mayor de 15 metros) y profundos (más de 15 metros después del nivel estático del agua). Aunque los acuíferos más profundos pueden ser artesianos en algunas localidades, las bajas en el nivel de agua causarán flujos provenientes de los acuíferos menos profundos creando un acuífero con un nivel freático del agua único. Aunque la zona en su totalidad se considera que está sobre el nivel freático del acuífero, el cual se recarga por la lluvia que no se pierde debido a la evapotransmisión o el escurrimiento superficial. Las capacidades específicas para los pozos del área de Managua hacia el sur del Lago de Managua oscilan entre 25 a 4,000 litros por minuto por metro, con un promedio de 1,130 litros por minuto por metro. Las concentraciones de sólidos disueltos son mayores de 400 miligramos por litro en la mayor parte del área de Managua con valores más altos al norte de la Laguna de Asososca. En un área hacia el este de la línea norte-sur que atraviesa el Aeropuerto de Las Mercedes, la concentración de total de sólidos disueltos alcanza hasta 900 miligramos por litro. Los altos valores de sólidos disueltos pueden ser ocasionados por la actividad volcánica. La fuente de mineralización al este de Las Mercedes es probablemente el Volcán Santiago, el cual estuvo activo hasta 1961.

Los promedios de concentraciones químicas para los pozos en el área de Managua al sur del Lago de Managua son:

- Ca = 32 mg/L;
- Cl = 118 mg/L;
- Mg = 12 mg/L;
- SO = 53 mg/L.

La profundidad del acuífero oscila desde más de 6 metros hasta 150 metros. Los niveles estáticos del agua en los pozos en el Departamento de Managua al sur del Lago de Managua oscilan desde más grandes de 40 metros hasta 154 metros.

La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 25% del departamento, a lo largo de la costa del Pacífico. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en areniscas intercaladas de finas a macizas, piedras calizas, pizarras, conglomerados y breccias en parte tufáceas, de la era Cretácea a Terciaria. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al acuífero es generalmente entre 10 y 200 metros. Los principales acuíferos son: Formación Eoceno Machuca (calizas y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas y conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas,

coquinas y volcánicas); y Formación Cretácea Rivas (areniscas y pizarras). La dureza del agua oscila de suave en las areniscas a dura en las piedras calizas. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfuro hidrogenado. Los pozos poco profundos en la región del Pacífico están sujetos a fluctuaciones estacionales en su nivel freático y pueden secarse durante los meses de noviembre a abril. La ubicación de pozos es generalmente difícil y muchos pozos producen únicamente escasas cantidades de agua. Los pozos ubicados en material grueso a arenoso con bajos porcentajes de barro son los que producirán las cantidades mayores de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada cerca de centros poblacionales.

Departamento de Masaya

Area y Tamaño Relativo:	590 kilómetros cuadrados (0.5% del país) El departamento más pequeño en Nicaragua
Población Estimada (1995):	241,354 (6% de la población)
Densidad de la Población:	409 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Masaya
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte suroeste del país.

Agua Superficial:

El agua dulce está disponible de acuerdo con la estación del año, en ríos, lagos y pantanos en la mayor parte del departamento, tal como se muestra en la unidad de mapa 4. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril, la mayoría de ríos se secan durante largos períodos de tiempo. Tal como se muestra en la unidad de mapa 5, el agua dulce superficial es escasa o inexistente, en ciertas áreas que son muy pequeñas para ser mostradas en un mapa a escala del país. De escasas a enormes cantidades de agua salobre a salina están disponibles en el valle del Río Tipitapa y en lagos ubicados en las calderas de los volcanes. La capital departamental de Masaya está ubicada en la unidad de mapa 4.

El acceso a los puntos de toma de agua y su desarrollo no es difícil. Sin embargo, la densa vegetación, las tierras húmedas y pantanosas y la falta de carreteras podrían limitar el acceso al valle del Río Tipitapa.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración del agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados en la parte norte del departamento, tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 20% del departamento está ubicado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a la Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan desde 5 a 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que los porcentajes de barro y sedimento disminuyen en el acuífero. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. El acceso es generalmente fácil, pero puede verse limitado en áreas de vegetación densa y terrenos con pendientes empinadas. Los acuíferos poco profundos podrían estar biológicamente contaminados cerca de centros poblacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan apropiadamente son adecuados para pozos municipales y de irrigación.

La unidad de mapa 2 cubre un área extensa (aproximadamente 80%) y está localizada en la parte sur del departamento. De pequeñas a enormes cantidades de agua dulce están disponibles en fuentes provenientes de fracturas y zonas de contacto dentro de depósitos volcánicos. La calidad del agua subterránea es generalmente dulce pero ligeramente alcalina y su temperatura varía de caliente a helada. La dureza oscila de suave a dura. La calidad de algunas fuentes puede ser

salobre a salina y oscilar entre ligeramente alcalina y altamente ácida. La capital departamental de Masaya está localizada en esta unidad de mapa. Escasas a muy grandes cantidades de agua dulce están también disponibles en rocas volcánicas de las eras Terciaria a Cuaternaria. Los principales acuíferos son: Grupo Las Sierras compuesto de rocas piroclásticas basálticas a andesitas; Grupo Volcánico Masaya compuesto de lavas basálticas a andesitas y materiales piroclásticos (breccia volcánica, escoria y ceniza) y el Grupo Volcánico Apoyo consistente de poma dacita piroclástica y lavas dacíticas.

Departamento de Matagalpa

Area y Tamaño Relativo:	8,523 kilómetros cuadrados (7.0% del país)
Población Estimada (1995):	383,776 (9% de la población)
Densidad de la Población:	45 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Matagalpa
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte central del país.

Agua Superficial:

El agua dulce superficial está siempre disponible en pequeñas a muy grandes cantidades en el área a lo largo del Río Grande de Matagalpa, el Río Tuma y sus tributarios. Estas áreas están marcadas en las unidades de mapa 1 y 2. En el resto del departamento el agua dulce superficial está disponible estacionalmente proveniente de ríos y lagos tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. La unidad de mapa 3 está localizada en la parte oriental del departamento, mientras que la unidad de mapa 4 cubre la mayor parte de la zona occidental del departamento. Durante la estación de flujos altos, de mayo a noviembre cantidades de agua de pequeñas a muy grandes están disponibles. La estación de flujos bajos de diciembre a abril, es cuando únicamente de escasas a muy pequeñas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos menos los más grandes se secan durante largos períodos de tiempo durante la estación de flujos bajos. La capital departamental de Matagalpa está localizada en la unidad de mapa 4.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido a lo escabroso del terreno, pendientes empinadas, precipicios profundos, densa vegetación y falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Tal como se indica en la unidad de mapa 1, las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales. La unidad de mapa 1 comprende aproximadamente el 10% del departamento. De pequeñas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidadas con lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimento, a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro disminuye en el acuífero. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. El acceso es generalmente fácil, pero puede verse limitado en áreas de vegetación densa y terreno empinado. Los acuíferos poco profundos pueden estar biológicamente contaminados cerca de centros poblacionales. Los acuíferos aluviales son apropiados para pozos de irrigación y municipales.

La unidad de mapa 3 comprende aproximadamente el 25% del departamento y está localizada en la parte noreste. Cantidades de agua de pequeñas a inadecuadas están disponibles en materiales de las eras Cretácea a Terciaria tales como areniscas finas a macizas intercaladas, piedras calizas, pizarra, conglomerados y breccia; en parte tufáceas. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos, y diabasas. La profundidad al acuífero es de 20 a 200 metros. Los acuíferos principales son:

Formación Eoceno Machucha (piedras calizas y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas y conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas y volcánicas) y Formación Cretácea Rivas (areniscas y pizarras). La dureza del agua oscila entre suave en las areniscas a dura en las piedras calizas. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfito hidrogeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones estacionales en su nivel freático del agua y pueden secarse. La ubicación de pozos puede ser difícil y muchos pozos producen únicamente escasas cantidades de agua. Los pozos ubicados en material de grueso a arenosos con bajos porcentajes de barro producirán mayores cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales, y la mayoría son adecuados para pozos tácticos y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada en áreas cercanas a los centros poblacionales.

Aproximadamente el 60% del departamento está localizado en la unidad de mapa 4. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras arcillosas y piedras calizas de las eras Terciaria y Cuaternaria a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); y Grupo Machucha (areniscas, piedras arcillosas, calizas cristalizadas) La dureza del agua oscila desde ligeramente a moderadamente dura. Los pozos perforados en material no consolidado sobre lechos de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura . El acceso es difícil en la densa vegetación y en el terreno montañoso. Cantidades de agua dulce de pequeñas a inadecuadas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre el lecho de la roca a profundidades generalmente mayores de los 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo y también para pozos equipados con bombas sumergibles pequeños. La capital departamental de Matagalpa está localizada en esta unidad de mapa.

Departamento de Nueva Segovia

Area y Tamaño Relativo :	3,123 kilómetros cuadrados (2.6% del país)
Población Estimada (1995):	148,492 (3% de la población)
Densidad de la Población:	48 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Ocotal
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte noroeste del país a lo largo de la frontera con Honduras.

Agua Superficial:

El agua dulce está siempre disponible en cantidades de pequeñas a muy grandes en áreas pequeñas del departamento a lo largo del Río Coco y sus tributarios. Estas áreas están marcadas en la unidad de mapa 2. El agua dulce está disponible en forma estacional en ríos y lagos en el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. La unidad de mapa 3 se encuentra a lo largo de los valles de los tributarios del Río Coco, mientras que la unidad de mapa 4 cubre el resto del departamento. De pequeñas a grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos comprende de diciembre a abril, durante este período de pequeñas a escasas cantidades de agua están disponibles. Dentro de la unidad de mapa 4, todos los ríos menos los más grandes se secan durante largos períodos de tiempo durante la estación de flujos altos. La capital departamental de Ocotal se encuentra localizada en la unidad de mapa 4.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido a lo escabroso del terreno, las pendientes empinadas, los profundos precipicios, densa vegetación y falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Aproximadamente el 90% del departamento se encuentra en la unidad de mapa 5, donde la exploración de agua subterránea no es recomendable. De escasas a inadecuadas cantidades de agua dulce están disponible en forma estacional en granitos, dioritas, granodioritas, filitas, esquisto, pizarra, mármol y cuarcito, todos de la era Paleozoica y a profundidades que oscilan entre 20 a 200 metros. El grado de dureza del agua es generalmente suave, sin embargo, puede tener mal sabor y color debido al alto contenido de hierro y manganeso. La ubicación de los pozos es generalmente difícil y la mayoría de los pozos no son productivos. Se necesita de técnicas de perforación en roca dura. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. El agua subterránea poco profunda está contaminada biológicamente cerca de centros poblacionales.

Región Autonomista Atlántico Norte (R.A.A.N.)

Area y Tamaño Relativo:	32,159 kilómetros cuadrados (26.5% del país) El departamento más grande de Nicaragua
Población Estimada (1995):	192,716 (4% de la población)
Densidad de la Población:	6 personas por kilómetro cuadrado Es el departamento menos densamente poblado de Nicaragua
Capital Departamental:	Puerto Cabezas
Ubicación:	La región está localizada en la parte noreste del país a lo largo del mar Caribe y fronteriza con Honduras.

Agua Superficial:

El agua dulce superficial está disponible en forma perenne y en cantidades de pequeñas a muy grandes en la mayor parte de la región. La unidad de mapa 1 está localizada a lo largo de los siguientes ríos con sus tributarios principales: Río Coco, Río Grande de Matagalpa, Río Kukalaya, Río Prinzapolka, Río Wawa. La unidad de mapa 2 se encuentra entre los ríos más grandes. El agua dulce superficial está disponible en forma estacional proveniente de ríos y lagos en el resto de la región, tal como se muestra en la unidad de mapa 3. Cantidades de agua de moderadas a muy grandes están disponibles durante la estación de flujos altos desde mediados de mayo hasta febrero. Durante el resto del año únicamente muy pequeñas a pequeñas cantidades están disponibles. Tal como se muestra en la unidad de mapa 5, el agua dulce superficial es escasa o inexistente en las tierras húmedas costeras, estuarios, lagunas, pantanos formados por las mareas y manglares; sin embargo, escasas a enormes cantidades de agua salobre a salina están disponibles. En los cayos el agua superficial en los arroyos intermitentes y en las pozas es generalmente dulce únicamente por unos días después de las lluvias. En la mayor parte de la región, el escurrimiento del agua dulce durante la estación de flujos altos es suficiente para eliminar temporalmente las aguas salobres y salinas de algunos pantanos, lagunas y estuarios. La capital departamental de Puerto Cabezas está localizada en la unidad de mapa 2.

El acceso y desarrollo a los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido a lo escabroso del terreno, densa vegetación, tierras húmedas y pantanosas y falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados a lo largo de la costa del Caribe, tal como se muestra en la unidad de mapa 1. La unidad de mapa 1 cubre aproximadamente el 40% de la región. De pequeñas a muy grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada y lentes de areniscas con arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre 5 y 60 metros. La Formación Bregman Bluff consiste de grava y arena, y constituye un acuífero principal en la región del Caribe. Cantidades de agua más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuye en el acuífero. El termino

de dureza del agua es de suave a moderado. En la región costera, zonas de agua salina pasan por debajo de las zonas de agua dulce, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para prevenir la intrusión de agua salina. Los pozos de agua salina necesitarán equipo desalinizador por osmosis reversa. El acceso es generalmente fácil, sin embargo, puede verse limitado en áreas de densa vegetación y zonas a lo largo de la costa que están sujetas a inundaciones estacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan adecuadamente, son apropiados para pozos de irrigación y municipales. La capital departamental de Puerto Cabezas está localizada en esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 3 cubre aproximadamente el 25% de la región. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas están disponibles en areniscas finas a macizas, piedras calizas, lajillas, conglomerados y breccias, todas en parte tufáceas y de las eras Cretácea a Terciaria. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al agua oscila entre 20 y 200 metros. Los acuíferos principales son: Formación Eoceno Machuca (calizas, y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas y conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, y volcánicas); y Formación Cretácea Rivas (areniscas y pizarras). El término de dureza del agua oscila desde suave en las areniscas hasta duro en las calizas. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfito hidrogeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones estacionales en su nivel freático y pueden secarse durante el período de febrero a abril. La ubicación de pozos es generalmente difícil y muchos pozos producen únicamente escasas cantidades de agua. Los pozos ubicados en material grueso a arenoso con bajos porcentajes de barro son los mejores productores de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.4 litros por segundo (50 galones por minuto) y pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada cerca de los centros poblacionales.

La unidad de mapa 4 cubre aproximadamente el 25% de la región. De escasas a moderadas cantidades de agua dulce están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras sedimentosas y calizas de las eras Terciaria a Cuaternaria y a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matalgalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos y andesitas); y Grupo Machuca (areniscas, piedras sedimentosas, calizas cristalizadas). El término de dureza del agua oscila entre ligeramente a moderadamente dura. Los pozos que se perforan en material no consolidado sobre lechos de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil en áreas de densa vegetación y terreno montañoso. Cantidades de agua de pequeñas a inadecuadas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales, y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo y pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas.

La unidad de mapa 5 cubre aproximadamente el 10% de la región donde la exploración de agua subterránea no es recomendable. De inadecuadas a escasas cantidades de agua dulce están disponibles en forma estacional en granitos, dioritas,

granodioritas, filitas, esquisto, pizarra, mármol y cuarcito, todos de la era Paleozoica y a profundidades que oscilan entre 20 y 200 metros. El término de dureza del agua es generalmente suave, sin embargo, el agua puede tener mal sabor y color debido al alto contenido de hierro y manganeso. La ubicación de pozos es generalmente difícil y la mayoría de los pozos no son productivos. Se requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y el terreno montañoso. El agua subterránea poco profunda por lo general está biológicamente contaminada cerca de centros poblacionales.

Región Autonomista Atlántico Sur (R.A.A.S.)

Area y Tamaño Relativo:	27,407 kilómetros cuadrados (22.6% del país)
Población Estimada:	272,252 (6% de la población)
Densidad de la Población:	10 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Bluefield
Ubicación:	Esta región está localizada en la parte sudeste del país a lo largo del mar Caribe.

Agua Superficial:

El agua dulce está siempre disponible en pequeñas y grandes cantidades en la mayor parte de la región. La unidad de mapa 1 está localizada a lo largo de los siguientes ríos y sus tributarios: Escondido, Grande de Matagalpa, Kurinwas, Mico, Punta Gorda, Siquia. La unidad de mapa dos está localizada entre los ríos más grandes. El agua dulce superficial está estacionalmente disponible en ríos y lagos en la parte occidental de la región tal como se muestra en la unidad de mapa 3. De moderadas a grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos desde mediados de mayo hasta febrero. Durante el resto del año, de muy pequeñas a pequeñas cantidades están disponibles. El agua dulce superficial es escasa o inexistente en las tierras húmedas costeras, estuarios, lagunas, pantanos dejados por las mareas y manglares, tal como se muestra en la unidad de mapa 5. Cantidades de agua de salobre a salina están disponibles en cantidades de escasas a enormes. En los cayos, el agua superficial en los arroyos intermitentes y pozas es generalmente dulce únicamente durante unos días después de las lluvias. En la mayor parte de la región, el escurrimiento de agua dulce durante la estación de flujos altos es suficiente como para sacar las aguas salobres y salinas fuera de algunos pantanos, lagunas y estuarios. La capital departamental es Bluefield y está localizada en la unidad de mapa 5.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente muy difícil debido a lo escabroso del terreno, densa vegetación, terreno húmedo y pantanoso y falta de carreteras.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados a lo largo de la costa del Caribe tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente 25% del departamento está ubicado en la unidad de mapa 1. De pequeñas a grandes cantidades de agua dulce están disponibles en acuíferos aluviales en las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava con lentes de areniscas, arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. La Formación Bregman Bluff consiste de grava y arena, y es el acuífero principal en la región del Caribe. Cantidades más grandes están disponibles a medida que los porcentajes de barro y sedimento disminuyen. El termino de dureza del agua es de suave a moderadamente duro. Zonas de agua salina están por debajo de las zonas de agua dulce en las áreas costeras, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para prevenir la intrusión de agua salina. Los pozos de agua salina necesitarán un equipo desalinizador por osmosis reversa. El acceso es

generalmente fácil, pero puede verse limitado en áreas de densa vegetación y zonas a lo largo de la costa que están sujetas a inundaciones estacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan adecuadamente son apropiados para pozos municipales y de irrigación. Parte de la capital departamental de Bluefield está localizada en esta unidad de mapa.

La unidad de mapa 3 comprende aproximadamente el 20% del área y se encuentra cerca de la frontera con Costa Rica en la parte norte de la región. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas están disponibles en areniscas, piedras calizas, pizarras, conglomerados, y breccia, todas en parte tufáceas y de la era Cretácea a Terciaria. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos, y diabasas. La profundidad al agua generalmente oscila entre 20 y 200 metros. Los acuíferos principales son: Formación Eoceno Machuca (piedras calizas y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas, conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, volcánicas); Formación Cretácea Rivas (areniscas y pizarras). El término de dureza del agua oscila de suave en las areniscas a duro en las piedras calizas. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfito hidrogeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones estacionales en su nivel freático y pueden secarse durante los meses de febrero a abril. La ubicación de pozos es generalmente difícil y muchos pozos producirán únicamente escasas cantidades de agua. Los pozos ubicados en material grueso a arenoso con bajos porcentajes de arcilla producirán grandes cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso se ve limitado debido a la densa vegetación y el terreno montañoso. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada cerca de centros poblacionales.

La unidad de mapa 4 cubre aproximadamente el 55% de la R.A.A.S. desde la costa del Caribe. Cantidades de agua dulce de escasas a moderadas están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, y ceniza volcánica intercalada con arenisca, piedras arcillosas y calizas de las eras Terciaria a Cuaternaria y a profundidades que oscilan desde los 15 a los 150 metros. Los principales acuíferos son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Machuca (areniscas, piedras arcillosas, calizas cristalizadas). La dureza del agua oscila desde ligeramente a moderadamente dura. Los pozos perforados en material no consolidado sobre lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil debido a la densa vegetación y al terreno montañoso. Cantidades de agua dulce inadecuadas y pequeñas están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de rocas a profundidades generalmente mayores de 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales, pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo y pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles.

Departamento de Río San Juan

Area y Tamaño Relativo:	7,473 kilómetros cuadrados (6.2% del país)
Población Estimada (1995):	70,143 (2% de la población) El departamento menos poblado de Nicaragua
Densidad de la Población:	9 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	San Carlos
Ubicación:	El departamento está localizado en los extremos sur y suroeste del país a lo largo de costa sur del lago de Nicaragua, mar Caribe y fronterizo con Costa Rica.

Agua Superficial:

La disponibilidad de agua superficial en el departamento es variable. El agua dulce superficial está siempre disponible en cantidades pequeñas a muy grandes en la parte del departamento que se extiende a lo largo del Río San Juan. Enormes cantidades están disponibles provenientes del Lago de Nicaragua tal como se muestra en la unidad de mapa 1. El agua dulce superficial está siempre disponible en cantidades moderadas a muy grandes a lo largo de la costa del Caribe tal como se muestra en la unidad de mapa 2. El agua dulce superficial está disponible estacionalmente en ríos y lagos en el resto del departamento tal como se muestra en las unidades de mapa 3 y 4. La unidad de mapa 3 está localizada en la parte central y sureste del departamento, mientras que la unidad de mapa 4 cubre la parte noroeste del departamento. Cantidades de agua de pequeñas a muy grandes están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos de diciembre a abril se caracteriza por la poca disponibilidad de agua ya que únicamente escasas y pequeñas cantidades están disponibles. Todos los ríos menos los más grandes dentro de la unidad de mapa 4 se secan durante largos períodos de tiempo durante la estación de flujos bajos. Como se muestra en la unidad de mapa 4, el agua dulce superficial es escasa o inexistente en las tierras húmedas costeras, estuarios, lagunas, pantanos dejados por las mareas y manglares. Cantidades de agua salobre a salina de escasas a enormes están disponibles. En la mayor parte del departamento el escurrimiento de agua dulce durante la estación de flujos altos es suficiente como para sacar temporalmente el agua de salobre a salina de los pantanos, lagunas y estuarios. La capital departamental de San Carlos está localizada en la unidad de mapa 1.

El acceso y desarrollo a los puntos de toma de agua es generalmente difícil debido al escabroso terreno, la densa vegetación y la falta de carreteras. A lo largo de la costa del Lago de Nicaragua el acceso es generalmente difícil.

Agua Subterránea:

Las mejores áreas para la exploración del agua subterránea son los acuíferos aluviales que se encuentran a lo largo del Lago de Nicaragua tal como se muestra en la unidad de mapa 1. Aproximadamente el 20% del departamento está localizado en la unidad de mapa 1. Cantidades de agua dulce de pequeñas a muy grandes están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Reciente. Estos acuíferos están compuestos de arenas y gravas no consolidadas con lentes de areniscas y arena y grava intercaladas con arcilla y sedimento a profundidades que oscilan desde los 5 hasta los 60 metros. Cantidades de agua mayores están disponibles a medida

que el porcentaje de arcilla y sedimento disminuye en el acuífero. El término de dureza del agua es de suave a moderadamente dura. El acceso es generalmente fácil, pero puede verse obstaculizado en áreas de vegetación densa y terrenos empinados. Los acuíferos poco profundos podrían estar biológicamente contaminados cerca de centros poblacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan en forma adecuada son apropiados para pozos de irrigación y municipales. La capital departamental de San Carlos está ubicada en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 70% del departamento está ubicado en la unidad de mapa 4. Cantidades de agua dulce de escasas a moderadas están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras sedimentosas y calizas de las eras Terciaria y Cuaternaria y a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Machucha (areniscas, piedras sedimentosas, calizas cristalizadas). El término de dureza del agua oscila entre ligeramente a moderadamente dura. Los pozos perforados en el material no consolidado sobre lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil en zonas de densa vegetación y terreno montañoso. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades generalmente mayores de 6 metros. Los acuíferos son adecuados para pozos de bombas manuales y la mayoría para pozos tácticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas.

Departamento de Rivas

Area y Tamaño Relativos:	2,155 kilómetros cuadrados (1.8% del país)
Población Estimada (1995):	140,432 (3% de la población)
Densidad de la Población:	65 personas por kilómetro cuadrado
Capital Departamental:	Rivas
Ubicación:	El departamento está localizado en la parte sudoeste del país a lo largo de las costas del Lago de Nicaragua y el Océano Pacífico.

Agua Superficial:

El agua dulce superficial está siempre disponible en cantidades enormes provenientes del Lago de Nicaragua tal como se muestra en la unidad de mapa 1. El agua dulce superficial está disponible en forma estacional en ríos y lagos pequeños en la mayor parte del departamento tal como se muestra en la unidad de mapa 4. Cantidades de agua de pequeñas a muy grandes están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. La estación de flujos bajos es de diciembre a abril, durante este tiempo cantidades de agua de escasas a muy pequeñas están disponibles. Durante la estación de flujos bajos la mayoría de los ríos se secan por largos períodos de tiempo. La capital departamental de Rivas está localizada en esta unidad de mapa 4.

El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua es generalmente fácil. Sin embargo, localmente la densa vegetación, el terreno escabroso y la falta de carreteras pueden limitar el acceso.

Agua Subterránea:

Tal como se muestra en la unidad de mapa 1, las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados a lo largo del Lago de Nicaragua y la costa del Pacífico. Aproximadamente el 30% del departamento está localizado en esta unidad de mapa 1. Cantidades de agua dulce de pequeñas a muy grandes están disponibles en acuíferos aluviales de las eras Cuaternaria a Recientes. Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidadas con lentes de areniscas y arena y grava intercaladas con arcilla y sedimento a profundidades que oscilan desde los 5 a los 60 metros. Cantidades más grandes de agua están disponibles a medida que el porcentaje de arcilla y sedimento disminuye en el acuífero. El agua subterránea es suave a moderadamente dura. Zonas de agua salina se extienden por debajo de las zonas de agua dulce en áreas costeras, por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para evitar la intrusión de agua salina. Los pozos de agua salina requerirán de un equipo de desalinización por osmosis reversa. El acceso al lugar es generalmente fácil pero puede ser obstaculizado en áreas de densa vegetación y en zonas localizadas a lo largo de la costa que están sujetas a inundaciones estacionales. Los acuíferos aluviales cuando se desarrollan apropiadamente son adecuados para pozos municipales y de irrigación. La capital departamental de Rivas está localizada en esta unidad de mapa.

Aproximadamente el 60% del departamento está localizado en la unidad de mapa 3. Cantidades de agua dulce de inadecuadas a pequeñas están disponibles en

areniscas, piedras calizas, pizarras, conglomerados y breccia, todos en parte tufáceos y de las eras Cretácea a Terciaria. Localmente se pueden encontrar coquinas, piroclásticos y diabasas. La profundidad al agua es generalmente entre 20 y 200 metros. Los acuíferos principales son: Formación Eoceno Machuca (piedras calizas y gravas); Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufáceas, conglomerados); Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, volcánicas); Formación Cretácea Rivas (areniscas y pizarras). El término de dureza del agua oscila desde suave en las areniscas hasta duro en las calizas. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de sulfuro de hidrógeno. Los pozos poco profundos están sujetos a fluctuaciones en su nivel freático y pueden secarse durante el período de noviembre a abril. La ubicación de pozos es generalmente difícil y muchos pozos producen únicamente escasas cantidades de agua. Los pozos localizados en material grueso a arenoso con bajos porcentajes de arcilla producirán las mayores cantidades de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de técnicas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas. El acceso se ve limitado por la densa vegetación y lo montañoso del terreno. Los acuíferos son adecuados para pozos de bombas manuales y la mayoría para pozos táticos con producciones de 3.3 litros por segundo (50 galones por minuto) y pozos equipados con pequeñas bombas sumergibles. El agua subterránea poco profunda podría estar biológicamente contaminada cerca de centros poblacionales.

Aproximadamente el 10% del departamento se encuentra en la unidad de mapa 4, que se extiende a lo largo de la frontera con Costa Rica. Cantidades de agua dulce de escasas a moderadas están disponibles en andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas y ceniza volcánica intercalada con areniscas, piedras sedimentosas y calizas de las eras Terciaria a Cuaternaria y a profundidades que oscilan entre los 15 y 150 metros. Los acuíferos principales son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos y andesitas); Grupo Machucha (areniscas, piedras sedimentosas, calizas cristalizadas). Los pozos perforados en material no consolidado sobre lechos de roca deberán ser provistos de rejillas. La perforación en basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El acceso es difícil en la densa vegetación y en el terreno montañoso. Cantidades de agua inadecuadas y pequeñas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre lechos de roca a profundidades mayores de 6 metros. Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son adecuados para pozos táticos con producciones de 3.3 litros por segundo y pozos equipados con bombas sumergibles pequeñas.

VI. Recomendaciones

A. Generalidades

La mayoría de las agencias y organizaciones que fueron entrevistadas durante nuestra visita al país están conscientes de la necesidad de aplicar más recursos a la planificación, desarrollo y administración de los recursos de agua de Nicaragua. Se necesita en forma urgente una ley, un sector nacional para administrar los recursos de agua y una estrategia a nivel nacional. Muchas agencias y organizaciones son responsables por la supervisión de los recursos de agua del país. Las principales son: ENEL, ENACAL y MARENA. Es recomendable proporcionar entrenamiento técnico y administrativo a las instituciones involucradas en el manejo de los recursos de agua. Estas instituciones necesitan saber lo que está sucediendo con los recursos de agua, las limitaciones de estos y la calidad y cantidad de agua con la cuenta la nación.⁹⁴

La contaminación del agua superficial prevalece a lo largo del país. La causa y fuente de esta contaminación es la inadecuada descarga de los desechos domésticos e industriales no tratados. La mayor parte del efluente se descarga en los ríos sin recibir ningún tratamiento previo. Se necesita regular y poner en práctica técnicas adecuadas para descarga de desechos para reducir las descargas de contaminantes en las aguas del país. Entre otras devastadoras consecuencias podemos mencionar la tala indiscriminada de los bosques que está causando excesivas cargas de sedimento en los ríos.

A continuación se dan algunas recomendaciones específicas y sugerencias:

- Establecer un sistema de monitoreo de agua.
- Obtener una evaluación precisa de la calidad del agua.
- Creación de mapas que delimiten los distintos problemas de la calidad del agua (ej. metales, sulfatos, nitratos etc.).
- Caracterizar los riesgos de contaminación del agua.
- Medir los volúmenes de extracción y descarga para todos los usos y todos los usuarios.
- Desarrollar una tecnología adecuada.
- Desarrollar planes hidrológicos por cuenca.
- Delimitar zonas de inundación, y otras zonas de riesgo hidrológico:
 1. Establecer tres zonas potenciales de inundación; frecuente, ocasional y excepcional;
 2. Identificar y clasificar las áreas de inundación de las cuencas;
 3. Establecer una clasificación de los usos de la tierra, limitaciones en el uso y estudios hidrológicos de las vías de descenso;
 4. Identificar puntos negros y establecer un programa de acción para su eliminación.
- Establecer zonas de protección en cada cuenca.⁹⁵

B. Manejo y Políticas de los Recursos Nacionales de Agua

Los programas de desarrollo y administración de los recursos de agua están descentralizados. El problema principal es la falta de una comisión nacional para el suministro de agua potable y saneamiento. La información relacionada con los pozos y con los sistemas de suministro de agua superficial se mantiene por separado por las distintas agencias y usuarios responsables de los recursos de agua. Como resultado, existe una falta de coordinación entre las agencias y los usuarios, así como también dentro de los diferentes sectores. Esto ocasiona duplicidad de esfuerzos y falta de intercambio de conocimiento técnico e información.

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

El manejo de los recursos de agua y sus políticas son el centro de un desarrollo eficiente y equitativo. Se recomiendan los siguientes enfoques para darle un mejoramiento gradual al sistema actual de manejo de los recursos de agua:

- Formar una comisión nacional para agua potable y saneamiento;
- Establecer una ley nacional de suministro de agua;
- Formar un consejo para la administración de los recursos de agua;
- Llevar a cabo evaluaciones completas de los recursos de agua;
- Establecer una casa nacional de compensación;
- Patrocinar reuniones nacionales e internacionales; and,
- Formar fuerzas de trabajo para tratar asuntos relacionados con los recursos de agua.
- Estos enfoques se explican en los párrafos siguientes:

1. Comisión Nacional del Agua

Otros sectores del país tales como los sectores agrícola, de salud y de electricidad tienen una comisión nacional, pero no existe ninguna para el agua potable y el saneamiento. Debido a la falta de una comisión nacional en esta área, los usuarios de agua del país son los que actualmente usan los recursos de agua independientemente. Lo ideal sería que los diferentes usuarios se unieran bajo una comisión. Entre los usuarios podemos mencionar las presas hidroeléctricas, suministro de agua para usos domésticos, irrigación, industria y turismo.

2. Ley Nacional del Agua

Durante los últimos 10 años, se ha propuesto una ley para el suministro de agua, pero no ha logrado pasarse. Se cree que será aprobada bajo el nuevo gobierno en el año 2001. Durante reuniones y discusiones con diferentes gerentes, se ha dejado ver la necesidad de una ley para el suministro de agua que sea buena, práctica y fácil de implementar.

3. Consejo Para la Administración de los Recursos de Agua

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

4. Evaluaciones Completas de los Recursos de Agua

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

5. Cámara de Compensación Nacional

Otro método para asimilar información entre varias entidades nacionales e internacionales es a través de una cámara de compensación. La primera obligación de esta oficina sería desarrollar una lista de correo de todas las entidades que tengan un interés particular en el mismo asunto. El siguiente paso sería convencer a los involucrados en el desarrollo de los recursos de agua para que envíen su respectiva propuesta sobre los recursos de agua. Una dificultad con el uso de esta alternativa es su elevado costo debido a la cantidad de personal que requiere. Otra dificultad sería poner en práctica el proceso necesario para poder obtener información igual o uniforme de todos aquellos involucrados. Los únicos casos

donde las Cámaras de Compensación han sido un éxito son aquellos en los cuales el proceso es dictado por fuerza de ley.

6. Reuniones Nacionales e Internacionales

Reuniones o simposiums nacionales e internacionales son medios comunes para fomentar el intercambio de información. Estos pueden constituir un excelente forum para científicos, ingenieros, y gerentes de oficinas relacionadas con asuntos de agua, para intercambiar ideas, conceptos y experiencias que hayan tenido con el manejo de los recursos de agua. Una buena recomendación es que las reuniones no deben ser demasiado teóricas. Se deben dar sugerencias que se puedan implementar en forma inmediata, así como también propuestas a largo plazo. Una reunión nacional con participación internacional selecta constituiría una buena reunión inicial. Esta reunión también sería un buen forum para discutir otras alternativas nacionales para las políticas de agua, por ejemplo, el consejo de administración de recursos de agua, evaluaciones completas de los recursos de agua, y cámaras nacionales de compensación. La duración recomendada para estas reuniones es de 3 a 7 días y deberán llevarse a cabo en un lugar con acceso fácil como la ciudad de Managua. Los tópicos y talleres que sugerimos se deben de cubrir son: asuntos sobre políticas nacionales de agua, conservación del agua, manejo de sequías, proyectos en desarrollo y a planificarse, experimentos con nuevas cosechas, reforestación, erosión del suelo, técnicas de irrigación, perforación de pozos, calidad del agua, tratamiento de aguas e hidroenergía.

7. Formulación de Fuerzas de Trabajo

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

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

varios asuntos relacionados con las políticas nacionales de agua, involucramiento de agencias de agua y otras necesidades nacionales de recursos de agua.

8. Estrategia Sugerida

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

C. Manejo y Protección de las Cuencas

El impacto de la deforestación en el medio ambiente y en los recursos de agua es una preocupación común de la mayor parte de los oficiales del gobierno y de los técnicos expertos. Se necesita de un manejo integral de las cuencas para poder controlar la deforestación y su resultante erosión y sedimentación. El desarrollo de un plan completo para manejo de las cuencas se necesita para frenar estos impactos. La intención de un plan para manejar las cuencas es lograr un panorama completo de los problemas de los recursos del agua y de la tierra dentro de una cuenca e identificar las oportunidades y las autoridades para discutir dichos problemas. La planificación de las cuencas constituye un enfoque sistemático para: (1) evaluar usos alternativos de los recursos de agua y de la tierra, (2) identificar conflictos entre usos competitivos, y (3) hacer cambios a través de decisiones informadas.

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

D. Oportunidades para Ejercicios de Tropa

1. Ejercicios de Perforación de Pozos

Particularmente debido a que muchos de los ríos están contaminados y la disponibilidad de agua superficial ha disminuido, la mayor parte de las necesidades de suministro de agua de Nicaragua dependerán de los recursos de agua subterránea. En general, la calidad de agua subterránea es buena a través de todo el país. Los pozos pequeños de bombas manuales tienen gran demanda, particularmente en áreas rurales. La instalación de pozos pequeños de bombas manuales, especialmente en áreas rurales, como parte de los ejercicios de ingeniería por parte de tropas de los Estados Unidos podría ser de gran beneficio. Los nuevos pozos instalados deberán ser diseñados para brindar protección contra la contaminación del agua superficial. Los pozos deberán de tener una capa selladora de lechada de cemento de 30 metros de espesor (100 pies) para proteger al acuífero de contaminarse con el escurrimiento de agua superficial o con el acuífero menos profundo. Estos pozos pueden ser una fuente de agua potable confiable que sustituyan los suministros de agua superficial contaminada en determinadas áreas del país.

2. Pequeños Embalses Superficiales

En ciertas áreas del país, se puede considerar la construcción de pequeños embalses para captación de agua para suministro. Cadenas de montañas cubren casi toda la superficie del

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

E. Mejoras a la Calidad y Suministro de Agua

La mayoría de la población no tiene acceso a servicios de suministro de agua y sanitarización, esto afecta directamente la calidad de vida. Tampoco existe tratamiento de aguas negras a través del país y la mayoría del efluente se descarga en las aguas sin ningún tratamiento. Las aguas negras necesitan tratarse para mejorar la calidad de los recursos de agua superficial del país, ya que la mayoría de la población usa agua superficial para cubrir sus necesidades de suministro. A medida que la cantidad disponible de agua superficial disminuye y la población continua en aumento, la necesidad de recursos de agua subterránea se hace mayor.

Se recomienda el establecimiento de un Sistema de Monitoreo de Agua. El agua es un elemento crítico como fuente principal de vida y para el desarrollo socioeconómico del país. El agua y su uso deberían de ser protegidos y manejados en forma responsable y sostenible. A continuación se da una lista de acciones recomendadas:

- Obtener una perspectiva general de la calidad del agua superficial y subterránea;
- Preparar mapas con diferentes problemas de calidad de agua (metales, sulfatos, nitratos, etc.);
- Estimar la cantidad de nutrientes que son transportados en los ríos;
- Caracterizar los riesgos potenciales de contaminación del agua;
- Reforzar y modernizar las actividades de la evaluación de los recursos de agua con respecto a calidad y cantidad a fin de conocer su disponibilidad y uso;
- Medir los volúmenes de extracción y descarga para todos los usos y para todos los usuarios a fin de aumentar la eficiencia en el uso del agua; and,
- Establecer un sistema de autorización para descargas de aguas negras y apoyar la capacidad institucional para el ejercicio del monitoreo.⁹⁶

VII. Resumen

La situación de los recursos de agua del país es crítica y de gran preocupación. Entre las razones para esta situación podemos mencionar:

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

Los asuntos críticos son la falta de acceso a agua y sanitación, el extenso daño al medio ambiente causado por la deforestación, la falta de un sector nacional para la administración de los recursos de agua y una ley integral y que se pueda ejecutar. Las soluciones a estos asuntos presentan un desafío para los administradores de los recursos de agua de Nicaragua.

La falta de una política y una ley del suministro y administración de los recursos de agua es uno de los puntos débiles en el manejo de los recursos de agua. Como resultado, existe una explotación y uso no controlado del recurso. Los impactos que reciben los usuarios río abajo debido a los retiros de agua superficial río arriba no pueden ser medios debido a la falta de regulación en las cantidades de retiro.⁹⁷

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

Notas Finales

- ¹ George Tchobanoglous y Edward D. Schroeder, *Water Quality*, Reading, (Monitoreo de la Calidad del Agua) Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co. (Compañía Publicitaria, 1987, pp. 1-4.
- ² S. Caircross, *Developing World Water (Desarrollando el agua del Mundo)*, "The Benefits of Water Supply,"(Los Beneficios del suministro del Agua) Hong Kong: Grosvenor Press International(Prensa Internacional), 1987, pp. 30-34.
- ³ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Julio1999.
- ⁴ Water Resources Institute, Sustainable Development Information Service (Instituto de los Recursos del Agua, Servicio de Información del Desarrollo Sostenible), Internet, <http://www.lcweb2.loc.gov/cgi-bin>, 28 de Julio de 1999.
- ⁵ The Latin American Alliance (La Alianza Latinoamericana), *Nicaragua*, Internet, <http://www.wri.org/wri/sdis>, Agosto 1999.
- ⁶ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Mayo 2000.
- ⁷ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Julio 1999.
- ⁸ The Learning Network Inc. (La red Incorporada de Aprendizaje), Internet, <http://www.infoplease.com>, 4 Mayo 2000.
- ⁹ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Agosto 1999.
- ¹⁰ The Agency for International Development (Agencia de Los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), *Nicaragua Economic Fact Sheet (Hoja de Hechos Económicos)*, Internet, <http://www.usaid.org.ni/profile.html>, 4 Agosto 1999.
- ¹¹ The Learning Network Inc.(La red Incorporada de Aprendizaje), *Nicaragua-Geography and History (Geografía e Historia de Nicaragua)*, Internet, <http://www.geography.about.com/science/geography/?once=true&>, 4 Mayo 2000.
- ¹² Electronic Research Collection (Colección de Investigación electrónica), U.S. State Department Foreign Affairs Newton Project (DOSFAN), (Proyecto Newton del Departamento de Relaciones Exteriores del Departamento de Estado de los Estados Unidos), Internet, <http://www.dosfan.lib.uic.edu>, Lin Dou, 6 Agosto 1999.
- ¹³ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Julio1999.
- ¹⁴ The Learning Network Inc. (La red Incorporada de Aprendizaje), *Nicaragua-A Country Study* (Un estudio del país de Nicaragua), Internet, <http://www.geography.about.com/library>, Julio 1999.
- ¹⁵ Oral communication (Comunicación Oral), Luis Palacios, 27Junio 2000.
- ¹⁶ DHL Water & Environment-Project Presentation (Presentación del Proyecto DHL Agua y Medio Ambiente), Internet, <http://www.dhi.dk/dhiproj>, Septiembre 2000.
- ¹⁷ The Why Files, *The Science Behind the News(Los archivos del Porqué, La ciencia detrás de las Noticias)*, Internet, <http://www.whyfiles.org>, Septiembre 2000.
- ¹⁸ Action for Community and Ecology in the Rainforest of Central America (ACERCA) (Acción para La Comunidad y la Ecología de los Bosques Nebulosos de Centro América, Internet, <http://www.acerca.org>, Accesado el 1 Septiembre 2000.
-

- ¹⁹ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de Perforación de Pozos, Departamento de Investigación de Fuentes, Managua, Julio 2000.
- ²⁰ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, *ENACAL Reporte Anual 1997/98*, Managua, 1998.
- ²¹ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de Perforación de Pozos, Departamento de Investigación de Fuentes, Ing. B. Berrios, *Información Requerida por USAID*. Managua, Julio 2000.
- ²² Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de perforación de Pozos, Departamento de Investigación de Fuentes, Ing. B. Berrios, *Información Requerida por USAID*. Managua, Julio 2000.
- ²³ Oral communication (Comunicación Oral), Richard Adams, U.S. Agency for International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), Washington, DC, 26 Junio 2000.
- ²⁴ Oral communication (Comunicación Oral), José Toruño, Cooperative for American Relief to Everywhere (Cooperativa para la Ayuda Americana a cualquier parte), 29 de Junio del 2000.
- ²⁵ Japan International Cooperation Agency, *The Study on Water Supply Project in Managua, Summary*. Tokyo, Japan: Kokusai Kogyo Company, Ltd. (Agencia de Cooperación Japonesa Internacional, *Proyecto del Estudio del Suministro de Agua en Managua, Resumen*. Tokio, Japón: Compañía Limitada Kokusai Kogyo.), September 1993.
- ²⁶ Oral communication (Comunicación Oral), Luis Henrique M. Ventura, Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Managua, 27 Junio 2000.
- ²⁷ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, *ENACAL Reporte Anual 1997/98*, Managua, 1998, pp. 8-9.
- ²⁸ Freese and Nichols Inc., *Nicaragua Antecedents* (Freese y Nichols Incorporados, *Antecedentes de Nicaragua*), Internet, <http://www.clients.freese.com/enacal/antedede.html>, Junio 2000.
- ²⁹ Oral communication (Comunicación Oral), Ray Baum, U.S. Agency for International Development (Agencia de Los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), Washington, DC, 26 Junio 2000.
- ³⁰ Oral communication (Comunicación Oral), Luis Henrique M. Ventura, Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Managua, 27 de Junio del 2000.
- ³¹ Oral communication (Comunicación Oral), José Toruño, Cooperative for American Relief to Everywhere (Cooperativa para la Ayuda Americana a cualquier parte), 29 Junio 2000.
- ³² Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, *Situación de los Recursos Hídricos de Nicaragua Informe del País*, Managua, Diciembre 1991.
- ³³ Oral communication (Comunicación Oral), Luis Palacios, 27 Junio 2000.
- ³⁴ The Microsoft Network, *Encarta Enquire*, (La red de Microsoft, *Investigadores Encarta*)Internet, <http://www.encarta.msn.com>, Agosto 2000.
- ³⁵ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Julio 1999.
- ³⁶ Oral communication (Comunicación Oral), Ray Baum, U.S. Agency for International Development (Agencia de Los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), Washington, DC, 26 Junio 2000.

- ³⁷ Consulates of Nicaragua, Information/Energy (Consulados de Nicaragua, Información/Energía), Internet, <http://www.consuladodenicaragua.com/energy.html>, Web Enterprises (Empresas Web)1996-2000, Junio 2000.
- ³⁸ *International Journal on Hydropower and Dams, World Atlas and Industry Guide, (Revista Internacional acerca de Presas e Hidroelectricidad, Atlas Mundial y Manual de la Industria) 1999.*
- ³⁹ Oral communication (Comunicación Oral), Arcadio Choza, 26 Junio 2000.
- ⁴⁰ Oral communication (Comunicación Oral), Ray Baum, U.S. Agency for International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), Washington, DC, 26 Junio 2000.
- ⁴¹ Oral communication (Comunicación Oral), Gary House, U.S. Army, Corps of Engineers (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos), Washington, DC, 26 Junio 2000.
- ⁴² Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Ineter), *Index of Hidro (Indicadores Hídricos)*, Internet, <http://www.ineter.gob.ni/hidro>, Septiembre 2000.
- ⁴³ U.S. Department of State (Departamento de Estado de los Estados Unidos), Internet, <http://www.state.gov>, Washington, DC, Agosto 1999.
- ⁴⁴ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Julio 1999.
- ⁴⁵ American University (Universidad Americana), *Nicaragua*, Internet, <http://www.american.edu/projects>, Accesado el 31 Agosto 2000.
- ⁴⁶ The Library of Congress (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Septiembre 1999.
- ⁴⁷ American University (Universidad Americana), *Nicaragua*, Internet, <http://www.american.edu/projects>, Agosto 2000.
- ⁴⁸ Nicaraguan Institute of Tourism (INTUR), (Instituto Nicaragüense del Turismo INTUR) *Nicaragua*, Internet, <http://www.intur.gob.ni>, Septiembre 2000.
- ⁴⁹ Consulates of Nicaragua, Information, *Web Enterprises 1996-2000* (Consulados de Nicaragua, Información, Empresas Web, Internet, <http://www.consuladodenicaragua.com>, Accesado el 13 Septiembre del 2000.
- ⁵⁰ U.S. Department of State (Departamento de Estado de los Estados Unidos), Internet, <http://www.state.gov>, Agosto 1999.
- ⁵¹ Consulates of Nicaragua, Information, Internet, <http://www.consuladodenicaragua.com>, Web Enterprises (Consulados de Nicaragua, Información, Empresas en Red)1996-2000, Junio 2000.
- ⁵² *Lonely Planet Online, Destination-Nicaragua* (Planeta Solitario en línea, Destino-Nicaragua), Internet, <http://www.lonelypanet.com.au>, Septiembre 2000.
- ⁵³ Nicaraguan Institute of Tourism (INTUR) (Instituto Nicaragüense de Turismo), *Nicaragua*, Internet, <http://www.intur.gob.ni>, Septiembre 2000.
- ⁵⁴ Nicaraguan Institute of Tourism (INTUR)(Instituto Nicaragüense de Turismo), *Nicaragua*, Internet, <http://www.intur.gob.ni>, Septiembre 2000.
- ⁵⁵ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, (Agencia de Los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centro América y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6, sección T-7, Washington, DC,) Noviembre 1966, pp. 1-2.

⁵⁶ La información en la Estación de Aforo es desde 1971 hasta 1979. Muchos de estos reportes están incompletos. Los valores mínimos y máximos son solamente para estos años. Las fuentes de información son las siguientes:

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos, *Anuario Hidrológico, 1971-1972*, Managua, Enero 1974.

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos, *Anuario Hidrológico, 1973-1974*, Managua, Noviembre 1976.

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos, *Anuario Hidrológico, 1974-1975*, Managua, Enero 1977.

Global Hydrology Research Group, Global Hydrologic Archive and Analysis System, *Global River Discharge DataBase (RivDis)*, "Nicaragua," (Grupo de Investigación de Hidrología Global, Sistema de Archivos y Análisis de Hidrología Global, *Base de Datos para las descargas Globales de los ríos (RivDis)*, "Nicaragua"), Internet, <http://www.RivDis.sr.unh.edu>, Durham, New Hampshire, 4 Agosto 1998.

⁵⁷ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7 (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centro América y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6, sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, p. 4.

⁵⁸ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centro América y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6, sección T-7) Noviembre 1966, pp. 1-2.

⁵⁹ Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos, *Anuario Hidrológico, 1971-1972; 1973-1974; 1974-1975*, Managua, Enero 1974; Noviembre 1976; y Enero 1977.

⁶⁰ Global Hydrology Research Group. Global Hydrologic Archive and Analysis System, *Global River Discharge DataBase (RivDis)*, (Grupo de Investigación de Hidrología Global, Sistema de Análisis y Archivo Hidrológico Global, *Base de Datos para las descargas Globales de los ríos (RivDis)*, "Nicaragua," Internet, <http://www.RivDis.sr.unh.edu>, Durham, New Hampshire, 4 Agosto 1998.

⁶¹ Arthur Powell Davis, *Hydrography of the American Isthmus*, Appendix III, Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1902, p. 259. (Arthur Powell Davis, *Hidrografía del Istmo Americano*, Apéndice III, Washington, DC: Oficina de Investigación Geológica de los Estados Unidos, 1902, p. 259.)

⁶² EcoCanal S.A., *The Nicaraguan Shallow-draft Barge Canal, Business Plan*, (El Canal Nicaragüense de poca profundidad para lanchones) Internet, <http://www.nfdd.org/proyecto/ecocanal>, Managua, Septiembre 1997, p. 5.

⁶³ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panamá, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, November 1966, pp. 1-2. (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6 sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, pp 1-2.)

⁶⁴ Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos, *Anuario Hidrológico, 1971-1972; 1973-1974; 1974-1975*, Managua, Enero 1974; Noviembre 1976; y Enero 1977.

⁶⁵ Global Hydrology Research Group. Global Hydrologic Archive and Analysis System, *Global River Discharge DataBase (RivDis)*, (Grupo de Investigación de Hidrología Global, Sistema de Análisis y Archivo Hidrológico Global, *Base de Datos para las descargas Globales de los ríos*

(RivDis) "Nicaragua," Internet, <http://www.RivDis.sr.unh.edu>, Durham, New Hampshire, 4 Agosto 1998.

⁶⁶ International Lake Environment Committee Foundation, (Fundación del Comité Internacional para el Medio Ambiente del Lago), *Lago Xolotlan*, Internet, <http://www.biwa.or.jp/ilec/database/nam/dnam60.htm>, Kusatau, Japón, Febrero 1997, pp. 1-2.

⁶⁷ International Lake Environment Committee Foundation, (Fundación del Comité Internacional para el Medio Ambiente del Lago), *Lago Xolotlan*, Internet, <http://www.biwa.or.jp/ilec/database/nam/dnam60.htm>, Kusatau, Japón, Febrero 1997, pp. 2-6.

⁶⁸ Global Environment Monitoring Systems, *Physical and Chemical Data for Selected Lakes of the World*, United Nations Environment Programme, (Sistema de Monitoreo Global del Medio Ambiente, *Datos Físicos y Químicos para Lagos Seleccionados en el Mundo*, Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas), Internet, <http://www.cciw.ca/gems/atlas-gwq/table7.htm>, Diciembre 1997, pp. 1-2.

⁶⁹ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panamá, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, November 1966, pp. 4-5. (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6 sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, pp 4-5.)

⁷⁰ Hazen and Sawyer, *Fuentes de Abastecimiento de Agua Para Managua, Nicaragua*, Nueva York, Febrero 1964, pp. 17-18.

⁷¹ Steven A. Sader, *Forest Monitoring and Satellite Change Detection Analysis of the Maya Biosphere Reserve, Peten District, Guatemala*, Peten, Guatemala: Propeten Conservation International, October 1996, p. 19. (*Monitoreo de los Bosques y Análisis de la Detección de los Cambios en los Satélites en la Reserva de la Biosfera Maya, Distrito del Petén, Guatemala*, Petén, Guatemala: Conservación Internacional Propeten, Octubre 1996, p.19)

⁷² Oral communication, (Comunicación Oral), Luis Palacios, 27 Junio 2000.

⁷³ The Microsoft Network, Encarta Enquire, (La Red de Microsoft, Investigadores Encarta), Internet, <http://www.iac-on-encarta.com>, Agosto 1999.

⁷⁴ Action for Community and Ecology in the Rainforest of Central America (ACERCA), (Acción para la Comunidad y la Ecología en los Bosques Nebulosos de Centroamérica), Internet, <http://www.acerca.org>, Septiembre 2000.

⁷⁵ The Microsoft Network, *Encarta Enquire*, (La Red de Microsoft, Investigadores Encarta), Internet, <http://www.encarta.msn.com>, Agosto 2000.

⁷⁶ The Library of Congress, (La Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov>, Washington, DC, Agosto 1999.

⁷⁷ Action for Community and Ecology in the Rainforest of Central America (ACERCA), (Acción para la Comunidad y la Ecología en los Bosques Nebulosos de Centroamérica) Internet, <http://www.acerca.org>, Septiembre 2000.

⁷⁸ Think Quest, Library of Entries, (Piense y Averigüe , Biblioteca de Entradas) Internet, <http://www.hyperion.advanced.org>, Agosto 1999.

⁷⁹ Norbert Fenzl, *Nicaragua: Geografía, Clima, Geología y Hidrogeología*, Universidade Federal Do Para, Belem, Brasil, 1989, pp. 4-53.

⁸⁰ Japan International Cooperation Agency, *The Study on Water Supply Project in Managua-Summary*, Tokyo, Japan: Kokusai Kogyo Company, Ltd., September 1993, pp. 9-122. (Agencia Japonesa de Cooperación Internacional, *Proyecto del Estudio sobre el suministro de agua en Managua-Resumen*, Tokio, Japón: Compañía Limitada Kokusai Kogyo, Septiembre 1993, pp. 9-122)

- ⁸¹ P.O. Johansson et al, *Ground Water*, "Framework for Ground Water Protection, The Managua Ground Water System as an Example," Vol. 37, No. 2, March-April 1999, pp. 204-213. (*Agua Subterránea*, "Marco de Trabajo para la Protección del Agua Subterránea, El Sistema de Agua Subterránea de Managua como un ejemplo" Volumen 37, No. 2, Marzo- Abril 1999, pp. 204-213)
- ⁸² United Nations, *Ground Water in the Western Hemisphere*, "Nicaragua," Natural Resources Water Series No. 4, ST/ESA/35, New York, 1976, p. 112. (Naciones Unidas, *Agua Subterránea en el Hemisferio Occidental*, "Nicaragua", Serie No. 4 de Recursos Naturales del Agua, ST/ESA/35, Nueva York, 1976, p. 112)
- ⁸³ Norbert Fenzl, *Nicaragua: Geografía, Clima, Geología y Hidrogeología*, Belem, Brasil: Universidade Federal Do Para, 1989, pp. 4-53.
- ⁸⁴ Written communication, (Comunicación Escrita) Arcadio Choza, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Managua, Noviembre 2000.
- ⁸⁵ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, November 1966, pp. 4-6 and map following page 6. (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6 sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, pp 4-6 y el mapa que sigue después de la pagina 6)
- ⁸⁶ Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama, *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, November 1966, pp. 4-6 and map following page 6. (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6 sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966, pp 4-6 y el mapa que sigue después de la pagina 6)
- ⁸⁷ Hazen and Sawyer, *Fuentes de Abastecimiento de Agua para Managua, Nicaragua*, Nueva York, Febrero 1964, p. 13.
- ⁸⁸ P.O. Johansson et al, *Ground Water*, "Framework for Ground Water Protection; The Managua Ground Water System as an Example," Vol. 37, No. 2, March-April 1999, pp. 204-213. (*Agua Subterránea*, "Marco de Trabajo para la Protección del Agua Subterránea, El Sistema de Agua Subterránea como un ejemplo" Volumen 37, No. 2, Marzo- Abril 1999, pp. 204-213)
- ⁸⁹ Internet, <http://www.library.advanced.org>, Accesado el 3 de Agosto de 1999.
- ⁹⁰ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, *ENACAL Reporte Anual 1997-98*, Managua, 1998.
- ⁹¹ Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, "Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos, Anexo B, Calidad de Agua Información Adicional," Managua, Sin Fecha, pp. B-11 and B-12.
- ⁹² Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, "Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos, Anexo B, Calidad de Agua Información Adicional," Managua, Sin Fecha, pp. B-11 and B-12.
- ⁹³ Written communication, (Comunicación Escrita) Luis Palacios, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Managua, Noviembre 2000.
- ⁹⁴ Written communication, (Comunicación Escrita), Arcadio Choza, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Managua, Noviembre 2000.
- ⁹⁵ Written communication, (Comunicación Escrita), Arcadio Choza, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Managua, Noviembre 2000.
- ⁹⁶ Written communication, (Comunicación Escrita), Arcadio Choza, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Managua, Noviembre 2000.
-

Bibliografía

Abaunza, Jamie Ocon. *Conceptos Elementales de Técnicas Demográficas*. Managua: Nicaragua Centro para la Promoción, Investigación y el Desarrollo Rural y Social, 1990.

ABT Associates Inc. *Estudio de Factibilidad del Programa de Manejo de La Cuenca del Lago de Managua, Volumen 5, Caracterización Ecológica del Lago de Managua/Plan de Monitoreo y Seguimiento*. Managua, Agosto 1995.

Action for Community and Ecology in the Rainforest of Central America (ACERCA). (Acción para la Comunidad y la Ecología en los Bosques Nebulosos de Centroamérica) Internet, <http://www.acerca.org>, Accesado 1 Septiembre 2000.

Agency for International Development. *Nicaragua Economic Fact Sheet*. (Agencia para el Desarrollo Internacional, *Hoja de Información Económica de Nicaragua*) Internet, <http://www.usaid.org.ni/profile.html>, Accesado 4 Agosto 1999.

Agency for International Development, Regional Office for Central America and Panama. *Nicaragua, National Inventory of Physical Resources*, AID/EIC GIPR No. 6, Section T-7, Washington, DC, November 1966. (Agencia para el Desarrollo Internacional, Oficina Regional para Centroamérica y Panamá, *Nicaragua, Inventario Nacional de Recursos Físicos*, AID/EIC GIPR No.6 sección T-7, Washington, DC, Noviembre 1966)

American University (Universidad Americana). *Nicaragua*. Internet, <http://www.american.edu/projects>, Accesado el 31 de Agosto del 2000.

Bayle, Bruce A., et al. *Hurricane Mitch Reconstruction, Nicaragua, Volcán Pacifico Watershed Report*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, June 2000. (*Reconstrucción por el Huracán Mitch, Nicaragua, Reporte de la Cuenca del Volcán Pacifico*. Washington, DC, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Junio 2000.)

Belt, Thomas. *The Naturalist in Nicaragua (El Naturalista en Nicaragua)*. Managua: Banco Central de Nicaragua, 1976.

Bloedel, Daniel, et al. *Assessment of Needs, Post Hurricane Mitch Affected Areas in the Estero Real River Basin*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 2000. (Inspección de las Necesidades, Areas Afectadas en la Cuenca del Río Estero Real posterior al Huracán Mitch, Washington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2000)

Caircross, S. *Developing World Water*, "The Benefits of Water Supply." Hong Kong: Grosvenor Press International, 1987. (*Desarrollando el Agua del Mundo*, "Los Beneficios del Suministro del Agua". Hong Kong: Prensa Internacional Grosvenor, 1987)

Consulates of Nicaragua, Information/Energy. *Web Enterprises 1996-2000*. (Consulados de Nicaragua, Información/Energía. Empresas Web 1996-2000) Internet, <http://www.consuladodenicaragua.com/energy.htm>, Accesado el 26 de Junio y el 13 de Septiembre del 2000.

Davis, Arthur Powell. *Hydrography of Nicaragua*. Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1900. (*Hidrografía de Nicaragua*. Washington, DC: Departamento de Investigación Geológica de los Estados Unidos, 1900)

Davis, Arthur Powell. *Hydrography of the American Isthmus*. Appendix III, Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1902. (*Hidrografía del Istmo Americano*. Apéndice III, Washington, DC: Oficina de Investigación Geológica de los Estados Unidos, 1902)

Department of Economic and Social Affairs. *Ground Water in the Western Hemisphere, "Nicaragua."* Natural Resources/Water Series No. 4, ST/ESA/35, New York: United Nations, 1976. (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. *Agua Subterránea en el Hemisferio*

Occidental, "Nicaragua". Recursos Naturales/Serie del Agua No.4, ST/ESA/35, Nueva York: Naciones Unidas, 1976)

DHL Water & Environment-Project Presentation. Presentación del Proyecto Agua DHL y el Medio Ambiente) Internet, <http://www.dhiproj>, Accesado el 1 de Septiembre del 2000.

Eco S.A. *The Nicaraguan Shallow-draft Barge Canal, Business Plan. (EcoCanal S.A. El Canal Nicaragüense de poca profundidad para lanchones, Plan de Negociación.)* Internet, <http://www.nfdd.org/proyecto/ecocanal>, Managua, Septiembre 1997.

Electronic Research Collection, U.S. State Department Foreign Affairs Newton Project (DOSFAN). (Colección electrónica de Investigación, Proyecto Newton de la Oficina de Relaciones Exteriores del Departamento de Estado de los Estados Unidos), Internet, <http://www.dosfan.lib.uic.edu>, Lin Dou, Accesado el 6 Agosto de 1999.

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos. *Anuario Hidrológico, 1971-1972*. Managua, Enero 1974.

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos. *Anuario Hidrológico, 1973-1974*. Managua, Noviembre 1976.

Empresa Nacional de Luz y Fuerza, División de Estudios Básicos. *Anuario Hidrológico, 1974-1975*. Managua, Enero 1977.

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. *ENACAL Reporte Anual 1997/98*. Managua, 1998.

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. *Gerencia de Perforación de Pozos Departamento de Investigación de Fuentes Inventario de Pozos Perforados*. Managua, Julio 2000.

Evaluation Technologies, Inc. *Nicaragua: A Country Profile*. Office of the U.S. Foreign Disaster Assistance Contract AID/SOD/PDC-C-0283, Arlington, Virginia, August 1981. (Tecnologías de Evaluación, Incorporada. *Nicaragua: Un perfil del País*. Oficina de los Estados Unidos para Asistencia en Desastres en el Extranjero, Contrato AID/SOD/PDC-C-0283, Arlington, Virginia, Agosto 1981)

Fenzl, Norbert. *Nicaragua: Geografía, Clima, Geología y Hidrogeología*. Belem, Brasil: Universidade Federal Do Para, 1989.

Freese and Nichols Inc. *Nicaragua Antecedents*. (Antecedentes de Nicaragua) Internet, <http://www.clients.freese.com/enacal/antecede.htm>, Accesado el 23 de Junio 2000.

Geologische Karte der Republik El Salvador/Mittelamerika. Map, Scale 1:100,000, H.G. Weber, W. Wiesemann, W. Lorenz, and M. Schmidt-Thome, editors, Hanover, Germany: Bundesanstalt für Geowissenschaftern und Rohstoffe, 1978.

Global Environment Monitoring Systems, United Nations Environment Programme. *Physical and Chemical Data for Selected Lakes of the World*. (Sistemas de Monitoreo Global del Medio Ambiente, Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas, *Datos Físicos y Químicos para Lagos Seleccionados en el Mundo*,) Internet, <http://www.cciw.ca/gems/atlas-gwq/table7.htm>, Diciembre 1997.

Global Hydrology Research Group, Global Hydrologic Archive and Analysis System. *Global River Discharge DataBase (RivDis)*, (Grupo de Investigación de Hidrología Global, Sistema de Análisis y Archivo Hidrológico Global, *Base de Datos para las descargas Globales de los ríos (RivDis)* "Nicaragua." Internet, <http://www.RivDis.sr.unh.edu>, Durham, New Hampshire, 4 de Agosto de 1998.

Gobierno de Nicaragua Ministerio Agropecuario y Forestal. *Regionalización Biofísica para el Desarrollo Agropecuario Departamento de León*. Managua, Septiembre 1999.

- Gonzales, Joe, et al. *Rio Negro Watershed Analysis, Republic of Nicaragua*. Washington, DC: U.S. Agency for International Development, 27 March 2000. (*Análisis de la Cuenca del Río Negro, Republica de Nicaragua*. Washington, DC: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 27 de Marzo del 2000)
- González, Mairena J. *Water Resources Assessment and Management Strategies in Latin America and the Caribbean, (Evaluación de Recursos de Agua y Estrategias Gerenciales en Latinoamérica y el Caribe)*, "Plan de Acción para el Manejo Sostenible de los Recursos Hídricos de Nicaragua." San José, Costa Rica, Junio 1996.
- Guerrero, C., N. Julian, y Lola Soriano de Guerrero. *Diccionario Nicaragüense, Geográfico e Histórico*. Managua, 1985.
- Hazen and Sawyer. *Fuentes de Abastecimiento de Agua Para Managua, Nicaragua*. Nueva York, Febrero 1964.
- Incer, Jaime, Dr. F.J. Olivas Zuniga, y G.R. tablada. *This is Nicaragua (Esto es Nicaragua)*. Santo Domingo, Dominican Republic: Nicaraguan Institute of Tourism, (Republica Dominicana: Instituto Nicaragüense del Turismo), 1988.
- Incer, Jaime. *Geografía Ilustrada de Nicaragua*. Managua: Talleres Litográficos de Papelera Industrial de Nicaragua, 1973.
- Incer, Jaime. *Nueva Geografía de Nicaragua*. Managua: Talleres de Editorial Recalde, 1970.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Republica de Nicaragua, Censos Nacionales 1995*. Managua, Septiembre 1996.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Ineter). *Indicador Hídrico*. Internet, <http://www.ineter.gob.ni/hidro>, Accesado el 12 de Septiembre del 2000.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. *Estudios Hidrogeológicos e Hidroquímicos de la Región del Pacífico de Nicaragua*. Managua, Noviembre 1998.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. *Situación de los Recursos Hídricos de Nicaragua Informe del País*. Managua, Diciembre 1991.
- International Journal on Hydropower and Dams, World Atlas and Industry Guide. (Revista Internacional sobre Hidroelectricidad y Presas, Atlas Mundial y Manual de la Industria) 1999.*
- International Lake Environment Committee Foundation. (Fundación del Comité Internacional del Medio Ambiente del Lago) *Lago Xolotlan*. Internet, <http://www.biwa.or.jp/ilec/database/nam/dnam60.htm>, Kusatau, Japón, Febrero 1997.
- Japan International Cooperation Agency. *The Study on Water Supply Project in Managua, Summary*. Tokyo, Japan: Kokusai Kogyo Company, Ltd., September 1993. (Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional. *Proyecto del Estudio del Suministro de Agua en Managua, Resumen*. Tokio, Japón: Compañía Limitada Kokusai Kogyo, Septiembre 1993)
- Johansson, P.O., et al. *Ground Water*, "Framework for Ground Water Protection; The Managua Ground Water System As an Example." Vol. 37, No. 2, March-April 1999. (*Agua Subterránea*, "Marco de Trabajo para la Protección del Agua Subterránea, El Sistema de Agua Subterránea de Managua como un ejemplo" Volumen 37, No. 2, Marzo- Abril 1999)
- Library of Congress, Federal Research Division. *Nicaragua, A Country Study*. Edition 3, Tim Merrill, editor, Washington, DC, 1994. (Biblioteca del Congreso, División de Investigación Federal. *Nicaragua, Un estudio del País*. Edición 3, Tim Merrill, editor, Washington, DC, 1994)
- Library of Congress (Biblioteca del Congreso), Internet, <http://www.lcweb.loc.gov/cgi-bin>, Washington, DC, Accesado el 28 de Julio y el 5 de Agosto de 1999.
- Lonely Planet Online. *Destination-Nicaragua* (Planeta Solitario en línea, *Destino-Nicaragua*). Internet, <http://www.lonelyplanet.com.au>, Accesado el 13 de Septiembre del 2000.
-

Maximiliano, A., H. Marthez, and Juan Kuang Sanchez. *República de Nicaragua, Mapa Geológico, Preliminar*. Map, Escala 1:1,000,000, Managua: Ministerio de Obras Publicas, Instituto Geográfico Nacional, 1974.

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Política Nacional de los Recursos Hídricos*. Managua, Abril 1998.

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Sistema de Información de los Recursos Hídricos*. Managua, Abril 1998.

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Anteproyecto de Ley General de Aguas*. Managua, Abril 1998.

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Area Focal Esteli*. Managua, Abril 1998.

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos*. Managua, Abril 1998.

Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, "Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos, Anexo B, Calidad de Agua Información Adicional." Managua, Sin Fecha.

Naciones Unidas-Programa para el Desarrollo, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. *Anuario Hidrológico del Istmo Centroamericano, Resumen 1972-1973*. Publicación No. 105, Managua, Enero, 1975.

Nicaraguan Institute of Tourism (INTUR). (Instituto de Turismo Nicaragüense) *Nicaragua*. Internet, <http://www.intur.gob.ni>, Accesado el 13 de Septiembre del 2000.

Oral communication, (Comunicación Oral) Arcadio Choza, 26 de Junio del 2000.

Oral communication (Comunicación Oral), Gary House, U.S. Army, Corps of Engineers,(Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos), Washington, DC, 26 de Junio del 2000.

Oral communication (Comunicación Oral), José Toruño, CARE, 29 de Junio del 2000.

Oral communication, (Comunicación Oral), Luis Henrique M. Ventura, Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Managua, 27 de Junio del 2000.

Oral communication, (Comunicación Oral) Luis Palacios, 27 de Junio del 2000.

Oral communication,(Comunicación Oral) Ray Baum, U.S. Agency for International Development,(Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) Washington, DC, 26 de Junio del 2000.

Oral communication, (Comunicación Oral), Richard Adams, U.S. Agency for International Development, (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), Washington, DC, 26 de Junio del 2000.

Plazaola, Eneyda Oviedo. *Atlas Básico Ilustrado Nicaragua y el Mundo*. Managua: Nicaragua Maste Overleva Suecia, 1993.

Sader, Steven A. *Forest Monitoring and Satellite Change Detection Analysis of the Maya Biosphere Reserve, Peten District, Guatemala*. Peten, Guatemala: Propeten Conservation International, October 1996. (*Monitoreo de los Bosques y Análisis de la Detección de los Cambios en los Satélites en la Reserva de la Biosfera Maya, Distrito del Petén, Guatemala*, Petén, Guatemala: Conservación Internacional Propeten, Octubre 1996)

Schoff, Stuart. *Ground Water for Irrigation at La Calera, Nicaragua*. U.S. Geological Survey Open File Report, Washington, DC, 19 October 1956. (*Agua Subterránea para Irrigación en La Calera, Nicaragua*. Reporte de Archivo de la Oficina de Investigación Geológica de los Estados Unidos, Washington, DC 19 de Octubre de 1956)

South America, Central America, and the Caribbean, 1993. Edition 4, London, England: Europa Publications, Limited, 1993. (*Sur América, Centroamérica, y el Caribe, 1993*. Edición 4, Londres, Inglaterra: Publicaciones Europa, Limitada, 1993)

Taylor, George. *Conditions of Ground Water Supply on the Plateau of Las Sierras, Nicaragua*. U.S. Geological Survey Open File Report, Washington, DC, 7 August 1943. (*Condiciones del Suministro de Agua Subterránea en la Plataforma de Las Sierras, Nicaragua*. Reporte de Archivo de la Oficina de Investigación Geológica de los Estados Unidos, Washington, DC, 7 de Agosto de 1943)

Tchobanoglous, George, y Edward D. Schroeder. *Water Quality*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co., 1987. (*Calidad del Agua*. Lecturas, Massachusetts: Compañía de Publicación Addison-Wesley, 1987)

The Latin American Alliance. (La Alianza Latinoamericana) *Nicaragua*. Internet, <http://www.wri.org/wri/sdis>, Accesado el 4 de Agosto de 1999.

The Learning Network Inc. (La Red Incorporada de Aprendizaje) Internet, <http://www.infoplease.com/ipa>, Washington, DC, Accesado el 4 de Mayo del 2000.

The Learning Network Inc. *Nicaragua-Geography and History*. (La Red de Aprendizaje, *Nicaragua-Geografía e Historia*) Internet, <http://www.geography.about.com/library>, Washington, DC, Accesado el 28 de Julio de 1999.

The Microsoft Network. *Encarta Enquire*. (La Red Microsoft. *Investigadores Encarta*) Internet, <http://www.encyarta.msn.com>, Accesado el 3 de Agosto de 1999 y el 31 del Agosto del 2000.

The Why Files, The Science Behind the News. (Los Archivos del Porqué, La Ciencia detrás de las Noticias) Internet, <http://www.whyfiles.org>, Accesado el 1 de Septiembre 2000.

Think Quest, Library of Entries. Internet, <http://www.hyperion.advanced.org>, Accessed 4 August 1999. (Piense y Averigüe, Biblioteca de Entradas), accesado el 4 de Agosto de 1999.

U.S. Agency for International Development and Oficina de Planificación, Inter American Geodetic Survey, Natural Resources Division. *Natural Resources: Cadastral, Inventory, Nicaraguan Pilot Project*. Fort Clayton, Canal Zone, Panama, March 1966. (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Oficina de Planificación, Oficina Interamericana de Servicios Geodésicos, División de Recursos Naturales. *Recursos Naturales: Catastrales, Inventario, Proyecto Piloto Nicaragüense*. Fuerte Clayton, Zona del Canal, Panamá, Marzo 1966)

U.S. Army Corps of Engineers. *Construction Manual for Central and South America*. Technical Report M-86-07, (Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos. *Manual de Construcción para Centro y Suramérica*. Reporte Técnico M-86-07) Washington, DC, Mayo 1986.

U.S. Department of State. (Departamento de Estado de los Estados Unidos) Internet, <http://www.state.gov>, Accesado el 5 de Agosto de 1999.

United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. *Discharge of Selected Rivers of the World*. Vol. 2, Part 2, Paris, 1993. (Organización Cultural, Científica y Educacional de las Naciones Unidas. *Descarga de ríos Seleccionados en el Mundo, Volumen 2, parte 2, Paris, 1993*)

United Nations. *Ground Water in the Western Hemisphere*, "Nicaragua." Natural Resources Water Series No. 4, ST/ESA/35, New York, 1976. (Naciones Unidas. *Aguas Subterráneas en el Hemisferio Occidental*, "Nicaragua" Recursos Naturales Serie de agua No. 4 ST/ESA/35, Nueva York, 1976)

University of Arizona, Arid Lands Information Center. *Draft Environmental Profile of Nicaragua*. National Park Service Contract No. CX-0001-0-0003, Tucson, Arizona, April 1981. (Universidad de Arizona, Centro de Información de Tierras Áridas. *Perfil Preliminar del Medio Ambiente en*

Nicaragua. Servicio de Parques Nacionales Contrato No. CX-0001-0-0003, Tucson, Arizona, Abril 1981)

Van de Leeden, Frits. *Water Resources of the World*. Port Washington, New York: Water Information Center, 1975. (*Recursos de Agua del Mundo*. Puerto Washington, Nueva York: Centro de Información del Agua, 1975)

Water Resources Institute, Sustainable Development Information Service. (Instituto de Recursos del Agua, Servicio de Información para Desarrollo Sostenible). Internet, <http://www.lcweb2.loc.gov/cgi-bin>, Accesado el 28 de Julio de 1999.

Weyl, Richard. *Geology of Central America*. (*Geología de Centroamérica*.) Edición 2, Berlin: Giefen, 1980.

World Bank. *Nicaragua Water Supply and Sanitation Project*. (Banco Mundial. *Proyecto de Sanitación y Provisión de Agua en Nicaragua*) ID #NIPA31846, Internet, <http://www.worldbank.org>, Washington, DC, 29 de Abril de 1997.

APENDICE A

Lista de Oficiales Consultados y Agencias Contactadas

Muchos individuos tanto en el sector público como privado fueron consultados y proporcionaron un apoyo y cooperación excelente.

Lista de Oficiales Consultados

Nombre, Titulo	Agencia Firma	Dirección	Tel/Fax/Email
Richard Adams, Consejero, Programas de Agua y Sanitación	USAID	Embajada Americana Unit 2712, Box 9 APO AA 34021	Tel: (505) 267-0502, ext 206 Fax: (505) 278-3828 Email: radams@BARRB0203.usaid.gov
Rodger Garner, Director Suplente	USAID	Embajada Americana Unit 2712, Box 9 APO AA 34021	
Ray Baum, Jefe, Oficina de Comercio y Desarrollo Rural	USAID	Embajada Americana Unit 2712, Box 9 APO AA 34021	Tel: (505) 267-0502 Fax: (505) 277-0210 Email: rbaum@usaid.gov
Arcadio Choza	MARENA	Km. 12.5 Carretera Norte Apdo. Postal 5123 Managua	Tel: (505) 233-1795 Fax: (505) 263-2620 Email: achl@tmx.com.ni
Luis Enrique M. Ventura, Vice Presidente de Planificación	ENACAL	Apartados Nos. 3599 y 968 Km. 5 Carretera Sur Managua	Tel: (505) 265-1882 Fax: (505) 266-7895 Email: planinaa@tmx.com.ni
María Elena Vivas, Gerente del Ramo Proyecto de Reconstrucción – Huracán Mitch	USDA	Embajada Americana Unit 2712, Box 22 APO AA 34021	Tel: (505) 265-2605 ext 207 Fax: (505) 265-2612 Email: mvivas@humr.org.ni
Luis Palacios Ruiz, Director, Recursos Hídricos	INETER	Apartado 2110 Managua	Tel: (505) 249-2756 Fax: (505) 240-0042 Email: rhidrico@ibw.com.ni
David Ogden, Director Nacional	EHP	De la Funeraria Don Bosco 1 1/2 c. Arriba Casa #19, Los Robles Managua	Tel: (505) 270-2378 (505) 270-2380 Fax: (505) 278-4961 Email: EHP@ibw.com.ni
J. Olmedo Altamirano, Especialista en Agua y Sanitación	EHP	De la Funeraria Don Bosco 1 1/2 c. Arriba Casa #19, Los Robles Managua	Tel: (505) 270-2378 (505) 270-2380 Fax: (505) 278-4961 Email: EHP2@ibw.com.ni
Fernando Martinez, Director de Perforaciones	ENACAL	Contigua a la Casona Apartados Postales 3599 y 9867 Managua	Tel: (505) 265-0861 Fax: (505) 266-7895
Benjamin Berrios	ENACAL	Contigua a la Casona Apartados Postales 3599 y 9867 Managua	Tel: (505) 265-0861 Fax: (505) 266-7895
Cidar Cárdenas	MAGFOR	Km. 8 1/2 Carretera a Masaya Managua	Tel: (505) 276-1489
José Toruño, Coordinador de Recursos de Agua y Sanitación	CARE	Sandy's Carretera a Masaya 1 c. abajo 1/2 c. al lago P O Box 3084 Managua	Tel: (505) 267-8395 (502) 278-2099 Fax: (505) 267-0386 Email: jtoruno@care.org.ni

Lista de Agencias Contactadas

Organización	Acrónimo	Traducción	Area de Responsabilidad
Cooperative for American Relief to Everywhere	CARE	Cooperativa de Asistencia Americana a todas Partes	Organización de ayuda de los Estados Unidos.
Environmental Health Project	EHP	Proyecto de Salud Ambiental	Administra \$12 millones en trabajos del USAID por medio de PVO's.
Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados	ENACAL	National Water Authority	Distribución del suministro de agua a la población urbana y rural.
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Dirección de Recursos Hídricos	INETER	Nicaraguan Institute of Territorial Research, Water Resources	Para fines de recursos de agua, INETER observa, recoge, procesa y publica información relacionada al agua superficial costera y en tierra, así como también de agua subterránea, evaluando su disponibilidad. Opera redes hidrométricas, piezométricas e hidrográficas.
Ministerio Agropecuario y Forestal	MAGFOR	Ministry of Forestry and Ranching	
Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales	MARENA	Ministry of the Environmental and Natural Resources	Prevenir el detrimento en la calidad del agua superficial y subterránea a través del establecimiento de planes y estrategias de protección contra posibles fuentes de contaminación.
U.S. Department of Agriculture	USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos	Estudia e implementa proyectos debido a daños causados por el Huracán Mitch.

APENDICE B

Glosario

Glosario

acuífero	Una formación, grupo de formaciones o parte de una formación que contiene suficiente material saturado permeable como para producir cantidades adecuadas de agua para pozos y fuentes.
agroquímicos	Químicos usados en prácticas agrícolas, se incluyen pesticidas, herbicidas y fertilizantes.
agua dulce	Agua que contiene 600 miligramos por litro o menos de cloruros, 300 miligramos por litro o menos de sulfatos y 1,000 miligramos por litro o menos de total de sólidos disueltos.
agua dura	Agua que tiene una alta concentración de calcio y magnesio.
agua estancada	Agua dentro de un río que está fija o parece estarlo.
agua salada	Agua que contiene más de 15,000 miligramos por litro de sólidos disueltos totales. El agua salada no se puede tomar sin tratamiento previo.
agua salobre	Agua que contiene mas de 1,000 miligramos por litro pero menos de 15,000 miligramos por litro de sólidos disueltos.
agua subterránea	Agua que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra, usualmente entre suelo saturado y roca. Generalmente sirve de suministro a pozos y fuentes de agua.
aguas negras	Agua usada por una comunidad o industria que contiene elementos disueltos y suspendidos.
aluvial	Relacionado con procesos o materiales que están asociados con el transporte y la deposición causado por las corrientes de agua.
aluvión	Sedimento depositado por las corrientes de agua, puede ser en los lechos de los ríos, planicies de inundación o deltas.
andesita	Una roca ígnea volcánica de grano fino a mediano, dura, densa, de coloración café a gris.
arcilla	Como un compuesto separado del suelo, constituye las partículas minerales individuales que oscilan en diámetro desde el limite superior del barro (0.002 milímetros) hasta el limite mas bajo de la arena (0.05 milímetros).
arena	Partículas individuales de roca o minerales que oscilan en diámetro desde límites superiores como granos muy finos (0.08 milímetros) hasta límites bajos como grava (5 milímetros).
arenisca	Roca sedimentaria de suave a moderadamente dura compuesta principalmente de granos cementados de cuarzo. Muchos acuíferos y reservorios de aceite son de areniscas.
artesiano	Describe el agua superficial que está bajo suficiente presión de tal forma que puede levantarse sobre el acuífero que la contiene. Los pozos artesianos se producen cuando la presión es tal que levanta el agua por sobre la superficie del suelo.

articulación	Una fractura en una roca que se da aunque no haya habido movimiento en ambos lados de la roca.
barro	Roca individual o partículas minerales que son menores de 0.002 milímetros de diámetro.
basalto	Roca ígnea de grano fino, dura, densa y de color oscuro que es muy común en los flujos de lava. Es muy difícil perforar en basaltos.
bicarbonato (HCO ₃)	Un ion cargado negativamente el cual es el carbonato dominante en el sistema de especies y que está presente en la mayoría de las aguas que tienen un valor de concentración de hidrogeno-ion (pH) entre 6.4 y 10.3. Concentración excesiva generalmente en una formación de escala.
brazo	Es una extensión de un río, generalmente desde puntos donde hay cambios significativos en la pendiente del río. Un río se puede dividir en tres brazos, el superior con la pendiente más alta, el de en medio con pendiente moderada y el de abajo con la pendiente más baja.
breccia	Fragmentos de roca angular del tamaño de la grava en un material granulado fino.
calcio (Ca)	Metal alcalino abundante que se encuentra en aguas naturales.
caldera	Depresión volcánica en forma de cuenca, más o menos circular, la cual se ha formado debido a explosiones volcánicas o al colapso o a la erosión de un cono volcánico.
canal	Lugar que contiene agua artificial o natural que está constantemente en movimiento o que forma un eslabón de conexión entre dos cuerpos de agua.
cañón	Valle angosto y profundo con paredes de roca verticales cercanas la una de la otra a ambos lados.
capacidad específica	La producción de un poso por unidad de extracción.
cárcava	Una pequeña y larga depresión erosionada en la superficie de la tierra que generalmente está seca excepto después de una tormenta. Una cárcava es más pequeña que una cañada pero más grande que un testero.
carga de sedimento	Material sólido que es transportado por un río.
cayo	Una isla pequeña de arena y coral cercana a la costa. Cayo se pronuncia "key" en Inglés y también se deletrea como "cave".
ceniza	Sedimento volcánico de roca detritica, usualmente vidrio, el cual es menor de 4 milímetros de diámetro. La ceniza por lo general sale de los volcanes.
ceniza volcánica	Material piroclastico fino que es menor de 2 milímetros de diámetro.
ciénaga	Un área de humedad y tierras mojadas que contienen agua estancada en la superficie o justamente por debajo de esta. Una ciénaga generalmente está cubierta con una densa y espesa vegetación.

conglomerado	Fragmentos de roca redondos o semiredondeados del tamaño de la grava o mas grandes en material fino granulado. Dependiendo del grado de la cementación, la posibilidad de perforación y el potencial de encontrar agua subterránea puede variar considerablemente.
consolidado	Materiales de la tierra que una vez fueron agregados en forma suave o líquida y que se han convertido en roca dura y coherente.
contaminación biológica	Es la presencia en el agua de cantidades significativas de organismos causantes de enfermedades.
contaminación química	Es la presencia en el agua de una cantidad considerable de químicos que pueden ser un riesgo para la salud.
contaminante o polución	Aplicado al agua es cualquier desecho sólido, residuo de incineradores, aguas negras, basura, municiones, desechos químicos, material biológico, material radioactivo, calor, equipo arruinado o descartado, rocas, arena, desechos industriales, desechos municipales y agrícolas que se descargan en el agua.
cloruro (Cl)	Un ion cargado negativamente que está presente en todas las aguas naturales. Concentraciones excesivas de cloruro son indeseables para muchos usos del agua. El cloruro puede ser usado como un indicador de contaminación domestica e industrial.
cuarcita	Una roca que se forma de las areniscas, extremadamente dura, de grano fino a grueso, maciza. El cuarcito es una de las rocas más duras, ásperas y durables. Como acuífero el cuarcito es bastante deficiente a menos que este altamente fracturado.
cuenca	Un área baja hacia la cual fluyen los ríos desde montañas adyacentes. Una cuenca generalmente se abre hacia el océano o hacia una salida río abajo. Sin embargo, en una región árida sin salida, una cuenca puede estar completamente rodeada de tierras altas.
cuenca hidrológica	El área contenida dentro de una división de drenaje por arriba de un punto específico en un río.
contaminación (agua)	La adición en un cuerpo natural de agua de cualquier material que causa una disminución en su uso económico optimo y que tiene un efecto adverso en el medio ambiente que lo rodea.
coquina	Piedras calizas compuestas de pedazos de conchas, corales y otros escombros orgánicos.
cuarcita	Una roca que se forma de las areniscas, extremadamente dura, de grano fino a grueso, maciza. El cuarcito es una de las rocas más duras, ásperas y durables. Como acuífero el cuarcito es bastante deficiente a menos que este altamente fracturado.
cuenca de drenaje	El área de tierra desde donde el agua drena hacia un río, lago u otro cuerpo de agua.
datos hidrográficos	Registro de observación y mediciones de factores físicos, sucesos y condiciones relacionadas con la precipitación, flujo de los ríos, agua subterránea, calidad del agua y uso del agua.
de marea	Afectado por las mareas.

desalinizar	Un sistema purificador de agua que remueve las sales disueltas en aguas salobres o salinas con el fin de mejorar la calidad del agua.
desbordamiento	Es el estado de un río en el cual sus aguas han fluido por sobre sus orillas naturales.
descarga	Cantidad de flujo.
diabasa	Una roca intrusiva que consiste esencialmente de piroxéno y labradorita.
diorita	Roca ígnea intrusiva de grano mediano a grueso, de color oscuro y dura.
dureza	Es la medida de la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3) en el agua que puede formar residuos insolubles.
efluente	Desechos sólidos, líquidos o gaseosos que entran en el ambiente como productos hechos por el hombre. Es también la descarga o flujo saliente de agua de almacenamientos subterráneos o sub-superficiales.
Eoceno	Una división geológica del tiempo entre 38 y 55 millones de años atrás. Caee cronológicamente después del Paleoceno y antes del Oligoceno. Incluido en el período Terciario.
equivalente milial	Expresión del análisis químico en el cual la concentración está representada tomando la fórmula de peso de un ion y dividiéndola por el cargo iónico.
Era Paleozoica	Una división del tiempo geológico de 570 a 240 millones de años atrás durante la cual ciertas rocas se formaron. La era Paleozoica caee cronológicamente después del Proterozoico y antes del Mesozoico. Incluye los períodos Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Mississippiano, Pensylvanian y Permiano.
escurrimiento	Es la porción de la lluvia que cae en una área de drenaje y es descargada de esa área en los canales de los ríos. Los tipos de escurrimiento pueden ser superficiales, de agua subterránea y de percolación.
escurrimiento agrícola	Es la lluvia que fluye sobre la superficie de la tierra drenando granjas agrícolas. Usualmente el escurrimiento está contaminado con desechos agrícolas. Estos desechos incluyen pesticidas y fertilizantes, excremento animal, residuos dejados por cosechas, sedimento proveniente de la erosión y polvo.
esquistos	Roca metamórfica, foliada, de granos finos a gruesos, compuesta de capas finas no continuas de minerales. El esquistos tiene una tendencia a separarse a lo largo de estas capas en delgadas láminas u hojas.
estación de aforo	Es un punto particular en un río, canal, lago o reservorio desde donde se obtiene información con relación a la altura y descargas de las aguas de los ríos.
estación de flujos altos	Periodo de tiempo cuando la descarga de los ríos es mayor que el promedio.

estación de flujos bajos	Es el período de tiempo en el cual la descarga de un río es menor que el promedio.
estación lluviosa	El periodo del año durante el cual hay abundancia de lluvia o cuando la lluvia cae al máximo.
estación seca	Periodo del año en el cual la lluvia es escasa o no la hay, o es mínima.
estado	La altura por sobre un punto establecido de la superficie de un río o de otro cuerpo de agua fluctuante.
estuario	Es un punto en el cual la marea se encuentra con la corriente de un río; es un brazo del océano que se extiende tierra adentro para encontrarse con la desembocadura del río; es esa parte de un río que se ve influenciada por la marea del cuerpo de agua dentro del cual fluye.
evapotraspiración	Un termino que indica que parte de la lluvia regresa a la atmósfera a través de la evaporación directa o por medio de la transpiración de la vegetación.
falla	Es una fractura o zona fracturada de la tierra a lo largo de la cual se ha dado un desplazamiento de un lado con respecto al otro.
fenol	Un compuesto blanco cristalino, corrosivo y venenoso que se usa en la elaboración de resinas sintéticas.
fertilizante	Cualquier material orgánico o inorgánico de origen sintético o natural que se agrega al suelo con el objetivo de suministrar elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.
filita	Roca foliada que está en un nivel intermedio de composición entre la lajilla y el esquisto.
flujo de escombros	Es la designación general para todos los tipos de flujos rápidos que incluyen escombros de varias clases y condiciones.
flujo máximo (punto máximo de inundación)	Es el valor más alto de la descarga obtenida debido a una inundación; referida también como flujo máximo o estado máximo.
fluvial	Referente a ríos o producido por la acción de los ríos.
fractura	Es un rompimiento en una roca que causa un desplazamiento no significativo a lo largo del rompimiento.
granito	Roca ígnea cristalina, dura, maciza, y de color claro. Si no está altamente fracturada o intemperizada, el granito es difícil de perforar, y normalmente produce poca agua subterránea.
granodiorita	Una roca ígnea dura y cristalina que está intercalada en forma maciza, de color gris claro a oscuro, de granos gruesos a medianos y usualmente foliada.
grava	Roca individual o partículas minerales que oscilan en diámetro desde los límites más altos de la arena (4.76 milímetros) hasta un diámetro de 76 milímetros de acuerdo con la Clasificación de Suelos Unificada.

herbicida	Una clase de sustancia que se usa para destruir plantas. En pequeñas cantidades puede ser dañino para la salud.
hierro (Ferroso)	Hierro disuelto en agua subterránea natural proveniente de las rocas. Concentraciones de hierro tan bajas como 0.3 miligramos por litro causan manchas café rojizas en telas y artículos que se lavan en esas aguas, así como también un sabor desagradable en el agua.
huracán	Fenómeno climatológico severo con vientos rotativos violentos, en el cual los vientos máximos son de 119 kilómetros por hora (74 millas por hora) o mayores. El termino huracán se usa para ciclones en el hemisferio norte que suceden al este de la línea internacional del tiempo hacia el meridiano de Greenwich.
ilgnea	Una clase de roca formada por la solidificación de material derretido. Si el material es arrojado a la superficie de la tierra, entonces la roca que se forma se llama extrusiva o volcánica; si el material se solidifica dentro de la tierra, la roca que se forma se llama intrusiva o plutonica.
ilgnimbrita	Roca volcánica silicica que forma láminas de lava gruesas, macizas y compactas. La ignimbrita consiste principalmente de tufa riolitica de grano fino, y generalmente forma juntas prismáticas bien conformadas.
impermeable	Es un lecho o estrato de material a través del cual el agua no puede penetrar o moverse.
inciso	Un canal que ha sido recortado hacia adentro o atrincherado en la superficie de la tierra.
incisión	Hacer un corte en un material, así como un río entra en una planicie cortándola.
insecticida	Una clase de sustancias usadas para destruir insectos. En pequeñas cantidades, los insecticidas pueden ser dañinos para la salud de los seres humanos.
intemperización	Cambios físicos y químicos que producen los agentes atmosféricos en las rocas y en otros depósitos en la superficie de la tierra o cerca de esta. Estos cambios resultan en la desintegración o descomposición del material en el suelo.
intercalado	Entre lechos o puesto en un lecho en forma paralela a otros lechos de diferente material.
intermitente (lago)	Un lago o pequeño cuerpo de agua que almacena agua únicamente durante determinado periodo del año, tal como cuando recibe agua de ríos, fuentes o de algún agente externo como por ejemplo la lluvia.
intermitente (río)	Un río o brazo de un río que fluye únicamente en ciertas épocas del año, por ejemplo, cuando recibe agua proveniente de fuentes o de alguna fuente externa como lo seria la lluvia. Un río o brazo de un río que fluye.
intrusión de agua salada o agua salina	Desplazamiento del agua dulce superficial o subterránea por el avance del agua salada debido a su mayor densidad. La intrusión

salada o agua salina	de agua salada generalmente ocurre en las áreas costeras y estuarios donde contamina los pozos de agua dulce.
inundación repentina	Es una inundación de corta duración con un grado de caudal relativamente alto. Usualmente es el resultado de lluvias de larga duración en un área pequeña.
lago de cráter	Un lago formado por la acumulación de lluvia y agua subterránea en el cráter o caldera de un volcán.
laguna	Un cuerpo de agua poco profundo similar a un lago pero con una entrada limitada de mar y que contiene agua salobre y salina.
lajilla	Roca sedimentaria suave a moderadamente dura compuesta de partículas de cuarzo de grano fino, La lajilla generalmente se quiebra en pedazos finos. La lajilla actúa como un lecho confinado para muchos acuíferos en roca sedimentaria.
lámina de erosión o lavado de tierra	Remoción gradual y uniforme de la superficie de la tierra sin que se formen testeros o barrancas. Este tipo de erosión puede ocurrir cuando el agua fluye hacia abajo en una pendiente removiendo material de la superficie.
lapilli	Deposito de fragmentos volcánicos sueltos a ligeramente compactados, típicamente de 2 a 64 milímetros de diámetro.
lava	Roca fluida como la que sale de los volcanes o de una fisura en la superficie de la tierra. También se le llama lava al mismo material cuando se ha solidizado por enfriamiento.
lente	Es un cuerpo de roca generalmente de forma convexa, que es grueso en la parte central y mas delgado en las orillas.
magnesio (Mg)	Metal alcalino abundante que se encuentra en el agua natural y que es esencial para la nutrición de las plantas y de los animales.
manganeso (Mn)	Elemento metálico duro, quebradizo y grisáceo que se usa como un agente de aleación para darle dureza al acero.
manglares	Grupo de plantas que crecen en un pantano marino tropical o subtropical. Pantanos marinos dominados por una comunidad de estas plantas.
mármol	Roca maciza, cristalina, relativamente suave, de grano fino a grueso, que se forma de la piedra caliza o la dolomita.
material orgánico	Incluye residuos de plantas o animales en diferentes estados de descomposición.
metamórfico	Rocas que se formaron de rocas existentes anteriores debido a pronunciados cambios de temperatura, presión y química en el ambiente.
mineral metálico	Un mineral o un elemento agregado a los minerales del cual se puede extraer un elemento de valor, especialmente un metal.
Mioceno	Es una división del tiempo geológico de 5 a 24 millones de años atrás, durante la cual ciertas rocas se formaron. El Mioceno cae cronológicamente después del Oligoceno y antes del Plioceno. Está incluida en el período Terciario.

nacimientos de agua	Son los alcances altos de los ríos cerca de sus orígenes. Los ríos en las áreas de los nacimientos son generalmente muy pequeños y podrían fluir solamente en respuesta a la lluvia o cuando se derrite la nieve.
nitrato (NO ₃)	Un compuesto mineral que se caracteriza por una estructura fundamental anionica de NO ₃ . El nitrato puede ser un indicador de contaminación en el agua subterránea.
no consolidado	Materiales de la tierra que están sueltos, son suaves o líquidos y no están firmes o compactados.
Oligoceno	Una división del tiempo geológico de 24 a 38 millones de años atrás. Cae cronológicamente después del Eoceno y antes del Mioceno. Esta incluida en el período Terciario.
pantano	Un lago poco profundo, generalmente quieto, cubierto con cañas y árboles.
pantano de agua salada	Un pantano que periódicamente se inunda con agua salada. Contiene plantas que toleran el agua salada.
pendiente	Superficie inclinada de una loma, montaña, o cadena de montañas o de cualquier otra parte de la superficie de la tierra.
perenne	Se refiere al agua que está disponible durante todo el año.
Periodo Terciario	Una división del tiempo geológico de 1.6 a 66 millones de años atrás, durante el cual ciertas rocas fueron formadas. El periodo Terciario cae cronológicamente después del periodo Cretáceo y antes del periodo Cuaternario. Generalmente se divide en el Paleoceno, Euceno, Mioceno, y Plioceno, y es la división más antigua del la era Cenozoica.
Periodo Cretáceo	Una división geológica del tiempo de 66 a 138 millones de años atrás, durante la cual algunas rocas se formaron. El periodo Cretáceo cae cronológicamente despues del Jurásico y antes del Terciario. Es la división mas joven de la era Mesozoica.
Período Cuaternario	Una división del tiempo geológico desde la era presente hasta 1.6 millones de años atrás, durante el cual ciertas rocas o depósitos de sedimento se formaron. El periodo Cuaternario cae cronológicamente después del periodo Terciario. Generalmente se divide entre el Pleistoceno y el Holoceno, y es la división más joven de la era Cenozoica.
Período de retorno o intervalo recurrente	Es el tiempo promedio de intervalo entre la ocurrencia actual de eventos hidrológicos de una magnitud dada o más grande.
Periodo Mesozoico	Es una división del tiempo geológico de 66 a 240 millones de años atrás, durante la cual ciertas rocas se formaron. Esta era cae cronológicamente después del periodo Paleozoico y antes del Cenozoico. Incluye los periodos Triasico, Jurásico y Cretáceo.
permeabilidad (roca)	Es la propiedad o capacidad de una roca porosa para transmitir un fluido. La permeabilidad es una medida de la facilidad con la que fluye el agua estando bajo una presión desigual. La unidad de medida que se utiliza es el milidarci.

pesticidas	Clase de sustancias utilizadas para matar insectos, hierbas malas, y otros animales como roedores. Incluye insecticidas y herbicidas. En pequeñas cantidades los pesticidas pueden ser dañinos para los humanos.
pH	Concentración Hidrogeno-ion: Es la medida de acidez o alcalinidad o basicidad de una solución. Una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, numéricamente igual a 7 para soluciones neutrales, que aumenta con el incremento de alcalinidad y disminuye con el aumento de la acidez. La escala de pH comúnmente en uso tiene un rango de 0 a 14.
pedra caliza	Roca suave a moderadamente dura compuesta de carbonato de calcio. Las piedras calizas por lo general están altamente fracturadas y generalmente producen volúmenes grandes de agua subterránea.
pedra sedimentosa	Roca sedimentaria, de granos finos, moderadamente dura, delgada a maciza. La piedra sedimentosa se diferencia de la lajilla ya que tiene un grano ligeramente más grande.
piroclastico	Un tipo de roca formado por la acumulación de fragmentos de roca volcánica la cual ha sido diseminada por explosiones volcánicas.
pizarra	Roca metamórfica de grano fino que posee un clivaje secundario bien desarrollado, lo que permite que se quiebre en láminas que poseen superficies suaves.
placa tectónica	Es uno de los bloques masivos en los cuales la capa de la tierra ha sido dividida. El movimiento y la interacción de estas placas en cualquiera de sus límites causa los terremotos, surgimiento de volcanes y otros procesos geológicos.
planicie costera	Cualquier planicie que tiene sus márgenes en la costa de un cuerpo de agua grande, particularmente el océano. Generalmente representa una franja del fondo del océano que recientemente se ha sumergido.
planicies dejadas por las mareas	Una extensión de tierra pantanosa, más o menos horizontal que es cubierta y descubierta en forma alternada por las mareas y que consiste de sedimentos no consolidados, en su mayoría lodo y arena.
pomas	Roca volcánica excesivamente celular, extrusiva y vidriosa.
porosidad	Es el grado del volumen de los huecos (poros) en una roca o en el suelo. La porosidad es generalmente indicada en porcentajes.
potable (agua potable)	Describe el agua que no contiene contaminantes, minerales o agentes infecciosos y que se considera adecuada para consumo doméstico.
pozo de bomba manual	Un pozo diseñado para suministrar agua para uso doméstico, el cual es accionado por medio de una bomba manual.
pozo táctico	Un pozo diseñado para apoyar operaciones militares y que generalmente se usa por periodos cortos de tiempo.

precipitación	Caída de agua en forma de gotas o como partículas de hielo formando la nieve, que cae en la superficie de la tierra.
punto de agua	El punto donde se instala un equipo a fin de recolectar agua para su purificación y distribución.
punto de toma	El lugar del cual se toma el flujo para dirigirlo a una tubería.
quemadas agrícolas	Una práctica agrícola que consiste en cortar la maleza y la vegetación para dejar espacio libre para nuevos campos agrícolas.
recarga	Adición de agua en la zona de saturación proveniente de la lluvia, infiltración de ríos superficiales y otras fuentes.
Reciente	La división del tiempo geológico más reciente, desde la era presente hasta 10,000 años atrás, durante la cual ciertas rocas o depósitos de sedimento se formaron. Esta era es la división más joven del periodo Cuaternario. Cae cronológicamente después del final del Pleistoceno y es sinónimo con el Holoceno.
refinamiento de minerales	Es un término general para varios procesos químicos y de manufactura que remueven las impurezas del mineral crudo.
reservorio	Una poza, lago, cuenca u otro espacio ya sea natural o creado por el hombre, que se usa para almacenar, regular y controlar el agua para una variedad de usos.
río influenciado por las mareas	La parte más baja de un río sobre la cual fluye la marea afectándolo. La distancia que cubre puede ser considerable.
río perenne	Un río que fluye todo el año. Un río perenne es generalmente alimentado por agua subterránea y su agua superficial generalmente comienza en un nivel más bajo que el del nivel freático del agua en el área.
roca ácida	Un tipo de roca ígnea (por ej. El granito) que consiste principalmente de minerales de colores suaves y más del 66 por ciento de su contenido está libre de sílica combinada.
roca alcalina	Es una roca que contiene un porcentaje mayor al promedio de potasio y minerales conteniendo sodio.
roca carbonatada	Una roca como la piedra caliza o la dolomita, que principalmente consiste de materiales carbonatados.
sal	Término general para el elemento natural sal gema o cloruro de sodio (NaCl).
salinidad	Una medida de la concentración de sustancias minerales disueltas en el agua.
sedimentaria (roca)	Clase de roca formada por la acumulación y solidificación de una variedad de sedimentos.
sedimento	Mineral sólido y materiales orgánicos que (1) están suspendidos en el aire o en el agua, o (2) que descansan después de haber estado suspendidos en la superficie de la tierra, ya sea en el agua o en la tierra.

sequía	Un periodo largo de clima seco o un período en el cual la lluvia es escasa, el cual se puede extender por un tiempo indefinido.
serpenteo	Es una serie regular de vueltas en forma de espiral en el curso de un río.
silica (SiO ₂)	Dióxido químico resistente del silicón. Se da de manera natural en varias formas incluyendo cuarzo y el horsteno.
sodio (Na)	Es el más abundante e importante metal alcalino que se encuentra en el agua natural. El sodio puede ser indicador de contaminación por desechos industriales y de aguas negras.
sólidos suspendidos	Sólidos insolubles que flotan o están suspendidos en la superficie del agua, aguas negras u otros líquidos.
suelo laterítico	Suelo manchado de rojo o rojizo por minerales solubles y alumina y silica, pero que retiene el óxido y hidróxidos de hierro.
sulfato (SO ₄)	Una sal de ácido sulfúrico que contiene el divalente, radical negativo SO ₄ .
testero	Un río muy pequeño.
tierras bajas	Es el término general que se usa para las planicies extensas que no están muy por encima del nivel del mar.
tierras húmedas	Una área de tierras bajas, tal como un pantano, o área que se inunda estacionalmente, la cual está saturada con humedad.
tormenta de oleaje	Olas del océano que son manejadas por el viento y que inundan las costas bajas que ordinariamente no están sujetas a las inundaciones.
tormenta tropical	Un fenómeno climatológico severo con vientos rotativos violentos, en el cual el máximo de velocidad de los vientos superficiales oscila entre 63 (39 millas por hora) a 118 kilómetros por hora (73 millas por hora).
torrentoso	Río en el cual el caudal baja rápidamente de las empinadas pendientes, causando inundaciones rápidamente después de las lluvias. El caudal en dichos ríos generalmente baja tan rápidamente como subió.
total de sólidos disueltos (TSD)	La suma de todos los sólidos disueltos en el agua o las aguas negras.
tributario	Un río o cuerpo de agua superficial o subterránea que contribuye con sus aguas a otro río o cuerpo de agua más grande.
trenzado	Un río que se divide o sigue una intercalación o red enredada de pequeñas ramificaciones que reúnen canales poco profundos separados entre sí por islas o paredes de canales, que se asemejan a las hileras de una compleja trenza.
tufaceo	Relacionado con las tufas, sedimento que contiene hasta el 50% de tufas.

APENDICE C

Recursos de Agua Superficial y de Agua Subterránea

Tablas y Figuras

Preparado por: Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los Estados Unidos
Centro de Investigaciones de Ingeniería y Desarrollo
Centro de Ingeniería Topográfica
División de Operaciones
Sección de Análisis Hidrológico y Ambiental
7701 Telegraph Road
Alexandria, VA 22315-3864

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible	<p>Los principales ríos, lagos y reservorios de la región de drenaje de la costa del Caribe (1300N08400W)³ y también los grandes lagos de la región de drenaje del Río San Juan (1200N08600W).</p> <p>Región de Drenaje del Caribe (I):</p> <p>Río Bambana (1327N08350W), Río Escondido (1204N08345W), Río Grande de Matagalpa (1254N08332W), Río Kukalaya (1339N0337W), Río Kurinwas (1249N08341W), Río Mico (1210N08416W), Río Prinzapolka (1324N08334W), Río Punta Gorda (1130N08347W), Río Siquia (1209N08413W), Río Wawa (1353N08328W), Alcances bajos del Río Coco (1500N08310W), Laguna de Apanas (1311N08559W).</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>Río San Juan (1056N08342W), Lago de Managua (Lago Xolotran) (1230N08620W),</p>	<p>Durante todo el año cantidades pequeñas a muy grandes de agua están disponibles provenientes de ríos principales. Cantidades enormes de agua están disponibles provenientes de los lagos. La estación de flujos altos para la región de drenaje de la costa del Caribe ocurre desde mediados de mayo hasta febrero, mientras que la estación de flujos bajos generalmente se da desde principios de marzo hasta principios de mayo. El río Punta Gorda y otros ríos principales del extremo sur de la región de drenaje de la costa del Caribe no tienen variaciones estacionales pronunciadas. Por lo general, las aguas de los grandes lagos de la región de drenaje del río San Juan, experimentan niveles elevados de mayo a noviembre. Una disminución pronunciada en las lluvias durante diciembre a abril causa que el flujo entrante a los grandes lagos se encuentre al mínimo durante marzo a abril. A continuación se</p>	<p>El agua es dulce con un TSD que oscila entre 10 a 900 mg/L.</p> <p>El TSD generalmente aumenta durante la estación de flujos bajos. Partes del lago de Managua pueden volverse temporalmente salobres durante la estación de flujos bajos. Las altas cargas de sedimento y la turbiedad son comunes durante la estación de flujos altos.</p> <p>En la región de drenaje del Caribe la contaminación biológica debido a desechos agrícolas y humanos es común en áreas río abajo y cerca de zonas populosas. Ciertas partes del lago de Managua están densamente contaminadas con desechos industriales y el agua no es apta para consumo humano o irrigación. Entre los contaminantes podemos mencionar mercurio, plomo, fenoles, benceno, carbón tetraclorito, cloruro metileno y pesticidas entre otros.</p>	<p>El acceso y desarrollo a puntos de toma de agua está influenciado por la topografía, cubierta vegetal y la red de carreteras. Entre las condiciones que limitan el acceso están la densa vegetación, pendientes empinadas y extensas áreas de tierras húmedas.</p> <p>El acceso en la región de drenaje de la costa del Caribe es difícil debido a la densa selva tropical, las extensas áreas de tierra húmedas y la inadecuada red de carreteras. La mayoría de las carreteras se vuelven intransitables durante el invierno. Aún durante el verano el acceso a los puntos de toma de agua es factible solo por algunas carreteras.</p> <p>Alrededor de los grandes lagos el acceso es generalmente factible. Pero localmente la densa vegetación, tierras pantanosas y terrenos escabrosos pueden</p>	<p>Debe protegerse el equipo contra inundaciones y flujos de escombros. Después de copiosas lluvias el nivel de los ríos sube rápidamente, ocasionando corrientes vertiginosas y flujos de escombros que pueden dañar o destruir los puntos de toma de agua. Los ríos pueden subir hasta 15 mts durante las inundaciones. Es aconsejable dar mantenimiento al equipo de toma a lo largo de canales que transportan altas cargas de sedimentos a fin de evitar acumulación de sedimentos. Los huracanes se atribuyen deslaves a lo largo de la costa del Caribe en forma periódica, causando extensos daños en varios kilómetros tierra adentro. Durante sequías las influencias de las mareas se pueden extender varios kilómetros tierra adentro, causando que el agua cerca de la desembocadura de los ríos costeros se puede volver temporalmente</p>

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible (continuación)	Lago de Nicaragua (Lago Cocibolca) (1130N08530W).	<p>enumeran los grados de flujo mínimos para ciertas estaciones de aforo en varios periodos durante 1971-79 y bajo su correspondiente región.</p> <p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>1 Río Escondido en Rama (1209N08413W) 1.62 m³/s.</p> <p>2 Río Grande de Matagalpa en Bocana de Paiwas (1248N08508W) 3.8 m³/s.</p> <p>3 Río Grande de Matagalpa en Copalar (1254N08454W) 9.07 m³/s.</p> <p>4 Río Grande de Matagalpa en San Pedro del Norte (1303N08444W) 17.8 m³/s.</p> <p>5 Río Mico en Muelle de los Bueyes (1204N08432W) 1.2 m³/s.</p> <p>6 Río Siquia en Salto Grande (1232N08436W) 5.38 m³/s.</p> <p>A Laguna de Apanas, un reservorio, área de superficie aprox. 52 km².</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>7 Río San Juan en el Castillo de Concepción</p>	<p>A continuación se enumeran registros de la calidad del agua obtenida de estaciones de aforo y otros lugares, bajo la región correspondiente.</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>41 San Juan abajo de San Carlos (1107N08447W) TSD 360mg/L pH 7.5 Cl 32 mg/L Ca 50 mg/L Mg 8 mg/L Na 25 mg/L CO₃ registrado HCO₃ 209 mg/L</p> <p>B Lago de Managua (1220N08620W) TSD 726 a 1,213 mg/L Temperatura 24 a 27°C, pH 8.9, Dureza 210 mg/L de CaCO₃ Cl 209 mg/L Ca 48 mg/L Mg 22 mg/L L 69 mg/L Na 258 mg/L CO₃ 30 mg/L HCO₃ 549 mg/L SO₄ 22 mg/L.</p> <p>Alto grado de sedimentos suspendidos y aumento de salinidad a un rango de 18 mg/L por año.</p> <p>C Lago de Nicaragua (1130N08530W) TSD 114 a 298 mg/L, Temperatura 24°C, pH 7.8, dureza 64 mg/L</p>	obstaculizar el acceso. Durante la estación lluviosa la falta de carreteras adecuadas pueden impedir el acceso.	salobre. En las partes más elevadas los ríos pueden ser torrentosos.

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
1 Agua dulce perennemente disponible (continuación)		(1101N8424W) 21.5 m ³ /s. 8 Río San Juan en Sitio de Presa de Sarapiquí (1043N08356W) 555 m ³ /s. B Lago de Managua (1220N08620W) tiene un área de superficie de 1,010 km ² . Una profundidad mínima de 7.8 mts y una profundidad máxima de 26 mts. Volumen estimado de 7,970 Mm ³ . C Lago de Nicaragua (1130N08530W) tiene un área de superficie de 8,157 km ² . Profundidad mínima de 13.3 mts y máxima de 60 mts. Volumen estimado de 108,000 Mm ³ .	de CaCO ₃ , Cl 19 mg/L, Ca 15 mg/L Mg 6 mg/L K 3 mg/L, Na 17 mg/L, HCO ₃ 74 mg/L, SO ₄ 9 mg/L, y un alto contenido de sedimentos suspendidos.		
2 Agua dulce perennemente disponible	Ríos, lagos, pantanos y manglares que ocupan la región de drenaje del Caribe (1300N08400W). Región de Drenaje de la Costa del Caribe (I): Río Bocay (1418N08510W), Río Tuma (1303N08444W), Alcances altos del Río coco (1444N08425W). Tributarios de los ríos principales	Moderadas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mediados de mayo hasta febrero, mientras que durante la estación de flujos bajos, de marzo a principios de abril, muy pequeñas cantidades de agua están disponibles. Se enumeran a continuación los flujos mínimos	El agua es dulce con un TSD que oscila entre 9 y 600 mg/L. El TSD generalmente aumenta durante la estación de flujos bajos. Altas cargas de sedimentos y turbiedad son comunes durante la estación de flujos altos. Contaminación biológica orgánica y agrícola es común en áreas río abajo y cerca de áreas populosas. La contaminación	El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua está influenciado por la topografía, vegetación y red de carreteras. Entre las condiciones que limitan el acceso están las pendientes empinadas, densa vegetación y extensas tierras húmedas. La selva tropical densa, la limitación de carreteras, las extensas tierras	Se necesita proteger el equipo contra inundaciones y flujos de escombros. Después de copiosas lluvias, el nivel de los ríos sube rápidamente, con corrientes violentas y desechos flotantes que pueden dañar o destruir los puntos de toma de agua. Los huracanes se atribuyen deslaves de tierra periódicamente

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
<p>2</p> <p>Agua dulce perennemente disponible (continuación)</p>	<p>que drenan la región.</p>	<p>para estaciones de aforo seleccionadas durante varios periodos de 1971 a 1979.</p> <p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>9 Río Bocay en Uruskima (1419N08509W) 5.67 m³/s.</p> <p>10 Río Coco en Namasli (1328N08614W), 0.2 m³/s.</p> <p>11 Río Coco en Guana (1331N08557W) 2.82 m³/s.</p> <p>12 Río Coco en Corriente Lira (1333N08550W) 0.21 m³/s.</p> <p>13 Río coco en Waspam (1444N08358W), 0.22 m³/s.</p> <p>14 Río Grande de Matagalpa en Trapichito (1242N08522W), 0.84 m³/s.</p> <p>15 Río Tuma en Yasica (1304N08545W), 0.41 m³/s.</p> <p>16 Río Tuma en Masapa (1306N08531W), 0.11 m³/s.</p>	<p>química es poco común, excepto en áreas cercanas a lugares de actividades mineras.</p> <p>Registros de calidad de agua de algunas estaciones de aforo se proporcionan a continuación.</p> <p>Región de drenaje de la Costa del Caribe (I):</p> <p>11 Río coco en Guana (1331N08557W) TSD 9 a 557 mg/L, temperatura 18 a 26.5°C.</p> <p>12 Río Coco en Corriente Lira (1333N08550W) TSD 9 a 514 mg/L, temperatura 22 a 28°C.</p> <p>14 Río Grande de Matagalpa en Trapichito (1242N08522W) TSD 10 a 408 mg/L, temperatura 24 a 26°C.</p> <p>Río Grande de Matagalpa (ubicación no fue reportada) TSD 287 mg/L, pH 7.7, Cl 18 mg/L, Ca 14 mg/L, Mg 57 mg/L, Na 49 mg/L, HCO₃ 224 mg/L, SO₄ 1 mg/L.</p>	<p>húmedas y el terreno escabroso pueden hacer el acceso muy difícil. La mayoría de las carreteras se vuelven intransitables durante la estación lluviosa. Aún durante la estación seca el acceso a puntos potenciales de toma de agua es posible únicamente por ciertas carreteras.</p>	<p>causando daños extensos por varios kilómetros tierra adentro. Se aconseja dar mantenimiento del equipo de toma a lo largo de los canales que transportan altas cargas de sedimento para evitar acumulación rápida de sedimentos. En las elevaciones más altas los ríos pueden ser torrentosos.</p>

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
3 Agua dulce disponible estacionalmente	<p>Ríos y tributarios en la región de drenaje de la costa del Caribe (1300N08400W).</p> <p>Ríos y lagos en la región de drenaje del Río San Juan (1200N08600W) y ríos en la región de drenaje de la costa del Pacífico (1230N08700W).</p> <p>Región de drenaje de la Costa del Caribe (I):</p> <p>Los nacimientos del Río San Juan de Matagalpa (1242N08522W).</p> <p>Otros ríos que drenan elevaciones mas altas en esta región.</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>Río Grande (Río Viejo) (1228N08621W),</p> <p>Río Mayales (1152N08527W),</p> <p>Río Ochomongo (1141N08554W),</p> <p>Río Oyate (1138N08507W),</p> <p>Laguna de Asososca (1208N08619W),</p> <p>Laguna de Masaya (1158N08607W).</p> <p>Región de Drenaje de la Costa del Pacífico (III):</p>	<p>De moderadas a muy grandes cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre; escasas a muy pequeñas cantidades de agua están disponibles durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril.</p> <p>A continuación se proporcionan los flujos mínimos de algunas estaciones de aforo, para varios periodos durante 1971-77 y bajo su región correspondiente. También se proporciona área de superficie y otras informaciones para algunos lagos.</p> <p>Región de drenaje de la Costa del Caribe (I):</p> <p>17 Río Tuma en El Dorado (1315N08552W), 0.03 m³/s.</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>18 Río Grande (Río Viejo) en Las Brisas (1253N08608W) 0.06 m³/s.</p> <p>19 Río Grande (Río Viejo) en La Lima (1252N08607W) 0.31 m³/s.</p>	<p>El agua es generalmente dulce pero su contenido de TSD puede ser alto durante la estación de flujos bajos. Lagos poco profundos y algunos ríos pequeños se pueden volver salobres temporalmente durante esta época. Los problemas de calidad de agua son mas severos durante la estación seca debido a que el flujo de los ríos no es suficiente para eliminar y diluir contaminantes. Altas cargas de sedimento son comunes durante la estación de flujos altos.</p> <p>La mayoría de las fuentes de agua especialmente en la región de drenaje del Río San Juan (II) y en la de la costa del Pacífico (III), están altamente contaminadas biológica y químicamente.</p> <p>Se proporciona a continuación información de la calidad del agua de algunas estaciones de aforo y de otros sitios, bajo sus correspondientes regiones.</p> <p>Región de drenaje de la costa del</p>	<p>El acceso y desarrollo de puntos de toma de agua están influenciados por la topografía, cubierta vegetal y la red de carreteras. Entre las condiciones que limitan el acceso están las pendientes empinadas, densa vegetación y tierras húmedas extensas. En la región de drenaje de la costa del Caribe (I) y en las elevaciones mas altas de la región de drenaje del Río San Juan (II), el acceso es difícil debido a lo escabroso del terreno, pendientes empinadas, precipicios profundos y falta de carreteras apropiadas. En las elevaciones mas bajas de la región de drenaje del Río San Juan (II), el acceso generalmente no es difícil. El acceso puede ser difícil localmente debido a lo escabroso del terreno, tierras húmedas y pantanosas y falta de caminos.</p>	<p>Se necesita proteger el equipo contra inundaciones flujos de escombros y causados por fuertes tormentas tropicales. Los ríos pueden ser extremadamente torrentosos, especialmente en las montañas del norte de Nicaragua y al este del lago de Nicaragua. Después de copiosas lluvias los ríos suben de nivel rapidamente con corrientes violentas y con flujos de escombros que pueden dañar o destruir los puntos de toma de agua. Se aconseja proporcionar mantenimiento al equipo de toma a lo largo de los canales que transportan altas cargas de sedimento para contrarrestar la sedimentación rápida.</p>

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
3 Agua dulce disponible estacionalmente (continuación)	Río Atoya (1235N08715W) Río San Cristóbal (1220N08658W) Río Soledad (1201N09639W)	20 Río Mayales en El Jicaral (1203N08521W), 0.03 m ³ /s. 21 Río Ochomongo en Las Enramadas (1140N08559W), 0.26 m ³ /s. D Laguna de Asososca (1208N08619W) tiene una superficie de 0.8 km ² y una profundidad máxima de 104 m. Esta laguna suministra agua a la ciudad de Managua. E Laguna de Masaya (1158N08607W) tiene una superficie de 8.5 km ² . Región de drenaje de la costa del Pacífico (III): 22 Río Atoya en Ceilan (1235N09714W) 0.16 m ³ /s. 23 Río San Cristobal en La Gallina (1238N08658W) 0.47 m ³ /s. 24 Río Soledad en El Contrabando (1204N08640W).	Caribe (I): 42 Río Esteli (1330N08616W) a lo largo de la carretera (aprox. 1315N08621W) CI 7 mg/L, Ca 59 mg/L, Mg 22 mg/L. Región de drenaje del Río San Juan (II): 18 Río Grande (Río Viejo en Las Brisas (1253N08608W) temperatura 25°C. 21 Río Ochomongo en Las Enramadas (1140N08559W) TSD 340 mg/L, pH 8.5, CI 21 mg/L, Ca 43 mg/L, CO ₃ 10 mg/L, HCO ₃ 233 mg/L. D Laguna de Asososca (1208N08619W) TSD 256 a 378 mg/L, pH 8.7 dureza de CaCO ₃ 70 mg/L, CI 23 mg/L, CO ₃ 22 mg/L, HCO ₃ 146 mg/L, SO ₄ 35 mg/L, NO ₃ 1.3 mg/L. La laguna se usa como fuente de agua potable para Managua (1209N08617W). E Laguna de Masaya (1158N08607W) TSD 235 a 320 mg/L. Contaminación orgánica muy alta.		

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
<p>4</p> <p>Agua dulce estacionalmente disponible</p>	<p>Ríos, tributarios y pequeños lagos en las tres regiones de drenaje.</p> <p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>Nacimientos del Río Coco (1444N08425W),</p> <p>Nacimientos del Río Grande de Matagalpa (1242N08522W).</p> <p>Río Mancotal (1314N0855W).</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>Río Acoyapa (1148N08516W),</p> <p>Río Grande (Río Viejo) (1228N08621W),</p> <p>Río Malacatoya (1207N08547W),</p> <p>Río Pacora (1225N08617W),</p> <p>Río Sinecapa (1228N08617W),</p> <p>Río Tipitapa (1205N08553W),</p> <p>Río Tule (1120N08452W).</p> <p>Región de drenaje de la costa del Pacífico (III):</p> <p>Río Brito (1120N08559W),</p> <p>Río Tamarindo (1212N08646W),</p> <p>Alcances altos y medios del Estero Real (1250N08707W),</p>	<p>De pequeñas a muy grandes cantidades están durante la estación de flujos altos de mayo a noviembre. Todos menos los ríos mas grandes se secan durante largos periodos de tiempo durante la estación de flujos bajos de diciembre a abril.</p> <p>A continuación se enumeran bajo su región correspondiente, los flujos mínimos de estaciones de aforo seleccionadas, para varios períodos durante 1971 a 1977. (alguna información ha sido obtenida de reportes hidrográficos de la Comisión del Canal de Nicaragua de los años 1898 a 1900).</p> <p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>25 Río Coco en Palmira (1336N08636W), no registró flujo.</p> <p>26 Río Grande de Matagalpa en Esquipulas (1240N08549W).</p> <p>27 Río Grande de Matagalpa en Ciudad Darío (1243N08608W) no registró flujo.</p> <p>28 Río Mancotal bajo el puente</p>	<p>El agua es generalmente dulce, pero el TSD aumenta a medida que el flujo disminuye. Los lagos poco profundos y los ríos pequeños se vuelven temporalmente salobres durante la estación de flujos bajos.</p> <p>Altas cargas de sedimento son comunes durante la estación de flujos altos. La mayoría de las fuentes de agua están contaminadas con químicos. Contaminación por desechos humanos y agrícolas es común cerca y río abajo de áreas populosas. Contaminación química es un problema cerca de las plantas industriales y en áreas de actividad minera y agrícola intensas. Los problemas de contaminación del agua son más severos durante la estación de flujos bajos, porque el flujo de los ríos no es suficiente para diluir y arrastrar contaminantes.</p> <p>A continuación se da información obtenida de estaciones de aforo sobre la</p>	<p>El acceso y desarrollo de los puntos de toma de agua está influenciado principalmente por la topografía, cubierta vegetal y red de carreteras. Entre las condiciones que limitan el acceso están las empinadas pendientes, densa vegetación y extensas tierras húmedas.</p> <p>En la región de drenaje de la costa del Caribe (I) y en las altas elevaciones de la región de drenaje del Río San Juan (II), el acceso es difícil debido al terreno escabroso, pendientes empinadas, precipicios profundos y falta de carreteras. En las elevaciones bajas de la región de drenaje del Río San Juan (II) y en la región de drenaje de la costa del Pacífico (III), el acceso no es difícil. Localmente el acceso puede limitarse por el terreno escabroso, y falta de carreteras.</p>	<p>Es necesario proteger el equipo contra inundaciones y flujos de escombros ocasionados por las intensas tormentas tropicales. Los ríos pueden ser extremadamente torrentosos, especialmente en las montañas del extremo norte de Nicaragua y al este del Lago de Nicaragua (1130N08530W).</p> <p>Después de las torrenciales lluvias, el cauce de los ríos sube rápidamente con corrientes veloces llevando escombros flotantes que pueden dañar o destruir los puntos de toma de agua. Se recomienda proporcionar mantenimiento al equipo de toma a lo largo de los canales que transportan altas cargas de sedimento para evitar la acumulación de sedimento.</p>

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
4 Agua dulce estacionalmente disponible (continuación)	Alcances altos y medios del Río Negro (1248N08659W).	<p>(1314N08556W) no registró flujo.</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>29 Río Acoyapa en Santa Rosa (1150N08522W) no registró flujo.</p> <p>30 Río Grande (Río Viejo) en Santa Barbara (1246N08614W) no registró flujo.</p> <p>31 Río Malacatoya en Las Banderas (1220N08557W) no registró flujo.</p> <p>32 Río Pacora en Pacora (1228N08612W) no registró flujo.</p> <p>33 Río Sincapapa en El Jicaral (1244N08623W) 0.01 m³/s.</p> <p>34 Río Tipitapa (1212N08606W) no registró flujo (1898-1900 no hay información).</p> <p>35 Río Tule (1120N08425W) no registró flujo en la desembocadura (información de 1898-1900).</p> <p>Región de drenaje costa del Caribe (III):</p> <p>36 Río Brito en Miramar (1122N08556W) 0.06 m³/s.</p> <p>37 Río Negro en La Canoa (1304N08659W) no registró flujo.</p> <p>38 Río Tamarindo en El Tamarindo (1214N08643W).</p>	<p>calidad del agua.</p> <p>Región de drenaje costa del Caribe (I):</p> <p>27 Río Grande de Matagalpa en Ciudad Darío (1243N08608W) TSD 340 mg/L, temperatura 25°C, dureza de CaCO₃ 175 mg/L, Cl 21 mg/L, Ca 50 mg/L, Mg 12 mg/L, K 10 mg/L, Na 26 mg/L, CO₃ 6 mg/L, HCO₃ 220 mg/L, SO₄ 38 mg/L, SiO₂ 55 mg/L.</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>34 Río Tipitapa en Tipitapa (1212N08606W) TSD 570 mg/L, pH 8.4, Cl 32 mg/L, Ca 42 mg/L, Mg 6 mg/L, K 14 mg/L, Na 106 mg/L, CO₃ 5 mg/L, HCO₃ 16 mg/L, SO₄ 4 mg/L.</p> <p>Región de drenaje de la costa del Pacífico (III):</p> <p>37 Río Negro en La Canoa (1304N08659W) TSD 260 mg/L, pH 7.9, Cl 6 mg/L, Ca 56 mg/L, Mg 11 mg/L, K 6 mg/L, Na 13 mg/L, CO₃ 4 mg/L, HCO₃ 128 mg/L.</p>		

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
5 Agua dulce escasa o inexistente	<p>Pantanos de agua salina, planicies dejadas por las mareas, manglares, estuarios, lagunas costeras, los pantanos que rodean el Río Tipitapa (1205N08553W) lagos aislados en calderas volcánicas y los ríos intermitentes en Islas del Maiz (1215N08300W) y en otros islotes.</p> <p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>Laguna Bismura (Lago Wani) (1445N08320W), Laguna Karata (1356N08330W), Laguna Pahara (1418N08315W), Laguna de Perlas (1233N08340W), Laguna de Wounda (1338N08334W).</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>Laguna de Apoyeque (1215N08621W), Laguna de Jiloa (1213N08619W).</p> <p>Región de drenaje de la costa del Pacífico (III):</p> <p>Alcances bajos y estuarios del Estero Real (1255N08723W).</p>	<p>0.006 m³/s.</p> <p>39 Río Villa Nueva bajo el puente (1214N08643W) No registró flujo. De escasas a enormes cantidades de agua de salobre a salina están disponibles durante todo el año. Durante la estación de flujos altos desde mediados de mayo hasta febrero, el flujo en la región de drenaje de la costa del Caribe (I) y del Río San Juan (II) puede ser suficiente salobres a salinas hacia afuera de las lagunas costeras y pantanos. Mediante esto se obtienen grandes cantidades de agua dulce temporalmente disponibles. En el resto del país y especialmente en las islas, después de las lluvias, se dispone de agua dulce en pequeñas cantidades proveniente de pozas poco profundas y ríos.</p> <p>A continuación se enumeran bajo su correspondiente región, las áreas de extensión y otras informaciones de lagos y lagunas seleccionadas.</p>	<p>38 Río Tamarindo en el Tamarindo (1214N08643W) TSD 792 mg/L, pH 8.2, Cl 72.8 mg/L, Ca 45.6 mg/L, Mg 10.8 mg/L, K 50 mg/L, Na 241 mg/L, CO₃ 53.7 mg/L, HCO₃ 527.1 mg/L, SO₄ 23.4 mg/L, NO₃ 062 mg/L.</p> <p>El agua es de salobre a salina.</p> <p>En la región de drenaje del Caribe (I), durante varios meses muchas de las lagunas son de agua dulce a ligeramente salobre, durante la estación de flujos altos de mayo a diciembre. La salinidad del agua disminuye dependiendo de la distancia con el océano. Durante la estación de flujos bajos la mayoría de las lagunas son de salobres a salinas.</p> <p>En las islas del Maiz (1215N08300W) y en los cayos, el agua superficial es dulce únicamente por un par de días después de las lluvias.</p> <p>En la región de drenaje del río San Juan (II), muchos de los lagos que se</p>	<p>El acceso y el establecimiento de puntos de toma de agua está influenciado por la topografía, la cubierta vegetal y por el tiempo en que este disponible el agua superficial que no provenga del mar. En la mayoría de las áreas el establecimiento de puntos de toma de agua salina no es difícil. Sin embargo, en la región de drenaje de la costa del Caribe (I), y en el estuario del Estero Real (1225N08723W) en la región de drenaje de la costa del Pacífico (III), elementos como la densa vegetación, tierras húmedas, y la falta de carreteras, hacen el acceso muy difícil. El establecimiento de puntos de toma de agua dulce en la mayoría de los cayos es muy difícil debido al tiempo tan corto durante el cual el agua dulce está disponible.</p>	<p>La mayoría de los cayos se ubican ligeramente por arriba del nivel del mar. La lluvia es absorbida rápidamente por la tierra. Las tormentas eléctricas y las mareas del invierno pueden cubrir los cayos con agua salina del océano. Los huracanes son especialmente destructivos para los cayos.</p>

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
5 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)	Alcances bajos y estuarios del Río Negro (1302N08708W).	<p>Región de drenaje de la costa del Caribe (I):</p> <p>F Laguna Bismuna (Lago Wani) (1445N08320W) 145 km².</p> <p>G Laguna Karata (1356N08330W) 33.6 km².</p> <p>H Laguna Pahara (1418N08315W) 98.6 km².</p> <p>I Laguna de Perlas (1233N08340W) 522 km².</p> <p>J Laguna de Wounta (1338N08334W) 81.5 km².</p> <p>Región de drenaje del Río San Juan (II):</p> <p>K Laguna de Apoyo (1155N08602W) 21.5 km².</p> <p>L Laguna de Apoyeque (1215N08621W) 2.6 km².</p> <p>M Laguna de Jiloa 3.9 km².</p> <p>Región de drenaje de la costa del Pacífico (III):</p> <p>40 Estero Real (1255N08723W) en su desembocadura, 6.5 m³/s (flujo estimado obtenido por modelo de balance de agua).</p>	<p>encuentran en la caldera de los volcanes son de agua salobre a salina. El TSD oscila entre 236 mg/L a más de 24,111 mg/L. La concentración de TSD se ve influenciada por la mineralización y naturaleza de los depósitos volcánicos que rodean la caldera.</p> <p>En la región de drenaje de la costa del Pacífico (III), el estuario del Estero Real (1255N08723W) los manglares y pantanos son de salinos a salobres. En general la calidad del agua superficial es mala, con un alto contenido de desechos biológicos, escombros, vegetación en descomposición y minerales del océano. Cerca de lugares populosos el agua está biológica y químicamente contaminada. Los pantanos a lo largo del Río Tipitapa (1205N08553W) están contaminados. Registros de la calidad del agua provenientes de estaciones de aforo seleccionadas y de otros sitios se</p>		

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-1)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Accesibilidad	Observaciones
5 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)			dan a continuación bajo sus correspondientes regiones. K Laguna de Apoyo (1155N08602W) TSD 2,600 mg/L, pH 8.4, dureza de CaCO ₃ 270 mg/L, Ca 62 mg/L, Mg 28 mg/L, Na 715 mg/L, K 115 mg/L, SO ⁴ 12 mg/L, HCO ₃ 140 mg/L, NO ₃ 0.2 mg/L.. L Laguna de Apoyeque (1215N08621W) TSD 3,846 a 5,796 mg/L. M Laguna de Jiloa (1213N08619W) TSD 3,654 a 4,600 mg/L.		

¹ Términos Cuantitativos:

Enormes	= > 5,000 m ³ /s (176,550 ft ³ /s)
Muy grande	= > 500 a 5,000 m ³ /s (17,655 a 176,550 ft ³ /s)
Grande	= > 100 a 500 m ³ /s (3,530 a 17,655 ft ³ /s)
Moderado	= > 10 a 100 m ³ /s (350 a 3,530 ft ³ /s)
Pequeño	= > 1 a 10 m ³ /s (35 a 350 ft ³ /s)
Muy pequeño	= > 0.1 a 1 m ³ /s (3.5 a 35 ft ³ /s)
Escaso	= > 0.01 m ³ /s (0.35 a 3.5 ft ³ /s)
Inadecuadas	= ≤ 0.01 m ³ /s (0.35 ft ³ /s)

² Términos Cualitativos:

Agua dulce	= máximo TSD ≤ 1,000 mg/L; máximo de cloruros ≤ 600 mg/L; y máximo de sulfatos ≤ 300 mg/L.
Agua salobre	= máximo TSD > 1,000 mg/L; pero ≤ 15,000 mg/L.
Agua salina	= TSD > 15,000 mg/L.

Términos de dureza:

Suave	= 0 a 60 mg/L CaCO ₃
Moderadamente dura	= 61 a 120 mg/L CaCO ₃
Dura	= 121 a 180 mg/L CaCO ₃
Muy dura	= 180 mg/L CaCO ₃

TABLA C-1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL (CONTINUACIÓN)

³ Las coordenadas geográficas enumeran primeramente la latitud primero para el hemisferio norte (N) o sur (S) y después para el hemisferio oriental (E) u occidental (W). Por ejemplo:

Región de drenaje de la costa del Caribe (1) 1300N08400W

Las coordenadas geográficas para la región de drenaje de la costa del Caribe se dan como 1300N08400W igual a 13°00' N, 84°00' W y se pueden escribir como latitud de 13 grados y 0 minutos norte y una longitud de 84 grados y 0 minutos oeste. Las coordenadas son aproximadas, pero lo suficientemente precisas para localizar características en un mapa a escala del país. Las coordenadas geográficas para los ríos generalmente se ubican en las desembocaduras.

Notas:

Ca	= calcio	m	= metros
CaCO ₃	= carbonato de calcio	Mg	= magnesio
Cl	= cloruro	mg/L	= miligramos por litro
CO ₃	= carbonato	Mm ³	= millones de metros cúbicos
ft ³ /s	= pies cúbicos por segundo	m ³ /s	= metros cúbicos por segundo
gal/min	= galones por minuto	Na	= sodio
HCO ₃	= bicarbonato	pH	= concentración hidrogeno-ion
K	= potasio	NO ₃	= nitrato
km ²	= kilómetros cuadrados	SiO ₂	= silica
L/min	= litros por minuto	SO ₄	= sulfato
		TSD	= total de sólidos disueltos

Tabla de conversión:

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

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
1 Agua dulce generalmente abundante	<p>Acuíferos aluviales de la era Cuaternaria a Reciente compuestos de arena y grava no consolidada, con lentes de areniscas, arena y grava intercaladas con barro, sedimento y piroclásticos formados por cenizas finas, pomas, escoria y lapilli. La formación Bregman Bluff que está compuesta de grava y arena, es un acuífero principal en la región del Caribe.</p> <p>Estos acuíferos están localizados en las siguientes áreas:</p> <p>Parte noroccidental de las tierras bajas del Pacífico (1235N08635W)³,</p> <p>Planicies del Lago de Nicaragua (1130N08530W) y del Lago de Managua (1220N08620W),</p> <p>Depresión nicaraguense (1220N08620W),</p> <p>Hasta un tramo de 100 kms tierra adentro de la costa del Caribe en el Departamento de Boaco (1230N08530W),</p> <p>Departamento de Carazo</p>	<p>Pequeñas a grandes cantidades de agua subterránea están disponibles en acuíferos aluviales. Mayores cantidades están disponibles a medida que los porcentajes de barro y sedimento disminuyen en el acuífero. Los pozos en el área de León-Chinandega (1226N08653W-1237N08709W) reportan una producción de más de 67 L/s.</p> <p>Pozos existentes en el Valle Los Brailes (1216N08556W-1211N08622W) producen de 23 a 69 L/s a profundidades de 120 a 150 mts con un descenso en el nivel de aproximadamente 5 mts.</p> <p>Departamento de Chinandega (1250N08705W) producciones de 34 pozos oscilan desde menos de 1 a 82 L/s con un promedio de producción por pozo de 10 L/s.</p> <p>Departamento de Granada (1150N08555W) producciones de 37 pozos perforados oscilan entre menos de 1 a 84 L/s con un promedio de producción de</p>	<p>La calidad del agua subterránea es dulce a pesar que los acuíferos que están por debajo de los pantanos y a lo largo de las costas pueden no ser potables. El agua subterránea es suave a moderadamente dura.</p>	<p>La profundidad del nivel freático del agua oscila desde 4 a 150 mts. La ubicación y la perforación de pozos es fácil, menos en áreas pantanosas. Las zonas de agua salada pasan por debajo de las zonas de agua dulce en ambas zonas costeras. Por lo tanto, se deberá tener precaución cuando se bombea agua para evitar la intrusión de agua salada.</p> <p>Los pozos de agua salina requerirán de un equipo de desalinización por osmosis reversa. Los pozos deberán ser provistos de rejillas debido a la naturaleza no consolidada de los materiales. El acceso es generalmente fácil, pero puede verse limitado en áreas de densa vegetación y a lo largo de la costa debido a inundaciones estacionales. El agua subterránea poco profunda cerca de asentamientos poblacionales generalmente está biológicamente contaminada.</p> <p>Departamento de Chinandega (1250N08705W)</p>	<p>Los acuíferos aluviales son apropiados para pozos de irrigación y municipales.</p>

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig.C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
1 Agua dulce generalmente abundante (continuación)	(1145N08615W), Departamento de Chinandega (1250N08705W), Departamento de Granada (1150N08555W), Departamento de León (1235N08635W), Departamento de Managua (1200N08625W), Departamento de Matagalpa (1255N08540W), Departamento de Rivas (1118N08545W), Región Autonomista Atlántico Sur (1200N08400W), Región Autonomista Atlántico Norte (1400N8400W), y otras áreas dispersas a través del país. Por sus depósitos aluviales el acuífero principal en el Valle Los Brasiles (1216N08556W–1211N08622W). Consiste de arenas gruesas, pomas y capas de escoria.	26 L/s. Departamento de León (1235N08635W) producciones de pozos perforados oscilan desde aproximadamente 2 a 85 L/s. Región Autonomista Atlántico Norte (1200N08400W) producciones de 6 pozos perforados oscilan desde 2 a 8 L/s con un promedio de 4 L/s. Región Autonomista Atlántico Sur (1200N08400W) producciones de 24 pozos perforados oscilan entre 1 y 6 L/s con un promedio de producción de 4 L/s.		las profundidades de 40 pozos perforados oscilan desde 10 hasta 117 mts con un promedio de profundidad de 54 mts. Departamento de Granada (1150N08555W) profundidades de 56 pozos perforados oscilan desde 33 hasta 248 mts. Con un promedio de profundidad de 100 mts.	
2 Agua dulce generalmente abundante	Rocas volcánicas de las eras Terciaria a Cuaternaria. Los acuíferos principales son: Grupo Departamento de Carazo (1145N08615W),	Escasas a grandes cantidades de agua subterránea están disponibles. La capacidad específica para Nagarote (1216N08634W) oscila desde 35 a	El agua subterránea es generalmente dulce. La concentración de TSD es de <400 mg/L oscila de suave a dura. La calidad del	Los niveles estáticos del agua en pozos en el departamento de Managua (1200N08625W). El acceso a los ríos que están localizados cerca	Los acuíferos son adecuados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig.,C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
<p>2</p> <p>Agua dulce generalmente abundante (continuación)</p>	<p>Departamento de Chinandega (1250N08705W),</p> <p>Departamento de León (1235N08635W),</p> <p>Departamento de Managua (1200N08625W),</p> <p>Departamento de Masaya (1200N98610W),</p> <p>Isla de Ometepe (1130N08535W),</p> <p>y,</p> <p>Isla Zapatera (1140N08550W).</p> <p>Los pozos perforados en el departamento de Managua (1200N08625W), al sur del lago de Managua (1220N08620W) indican que los niveles del agua en los acuíferos poco profundos (penetran el nivel estático del agua por <15 mts.) y los profundos (se extienden por >15mts por abajo del nivel estático del agua) están hidráulicamente interconectados. Aunque los acuíferos más profundos pueden ser artesianos en algunas localidades, las retiradas de agua causarán flujos en los acuíferos poco profundos creando un acuífero con nivel freático único. Aunque se cree</p>	<p>67 L/s. Pequeñas a grandes cantidades de agua subterránea están perennemente disponibles de los ríos. La descarga total de la mayoría de los ríos provenientes de depósitos volcánicos es de aproximadamente 1,300 L/s. Un manantial de agua termal también fluye del acuífero de Las Sierras en Tipitapa (1212N08606W), Departamento de Carazo (1145N08615W) la producción de los 28 pozos perforados oscila desde 1 a 29 L/s con un promedio de producción por pozo de 13 L/s. Departamento de Masaya (1200N08610W). La producción de 23 pozos perforados oscila desde 3 hasta 32 L/s con un promedio de producción de 18 L/s.</p>	<p>agua en algunos de los ríos termales y helados, puede ser de salobre a salina y oscila entre ligeramente alcalina a altamente ácida.</p>	<p>de la base del cono volcánico es fácil, aunque el acceso es difícil en las pendientes empinadas.</p> <p>Departamento de Carazo (1145N08615W) las profundidades de 48 pozos perforados oscila entre los 24 a 454 mts.</p> <p>Departamento de Masaya (1200N08610W)</p> <p>La profundidad de 51 pozos perforados oscila entre 35 y 458 mts con un promedio de profundidad de 243 mts.</p>	<p>3.3 L/s con pequeñas bombas sumergibles. Se puede dar contaminación del agua subterránea por productos industriales. Mas del 80% de las industrias del país están localizadas en el departamento de Managua (1200N08625W)</p> <p>Existen dos zonas industriales principales. La primera está localizada entre la laguna de Asososca (1208N08619W) y el lago de Managua (1220N08620W).</p> <p>Industrias que ponen en riesgo el medio ambiente y que están localizadas en esta área son una refinera de petróleo, una planta de pesticidas y una planta chlor-alkali.</p> <p>La segunda zona industrial se llama Zona franca y está localizada cerca del aeropuerto, incluye principalmente industrias textiles y de metales. Además de ser la principal zona industrial del</p>

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
2 Agua dulce generalmente abundante (continuación)	que por debajo de la zona entera pasa un acuífero que es recargado por la lluvia que no se pierde debido a la evapotransmisión o el escurrimiento superficial.				país, el departamento de Managua (1200N08625W) Es también una importante zona agrícola. Los pesticidas constituyen una fuente de contaminación de agua subterránea. El suministro de agua para el departamento de Managua (1200N08625W) es de un sistema mixto compuesto por 83 pozos y la Laguna de Asososca (1208N08619W).
3 Agua dulce escasa o inexistente	Acuíferos de la era Cretácea a Terciaria compuestos de areniscas, calizas, pizarras, conglomerados y breccia, en parte tufaceos. Localmente se pueden encontrar coquinas, Piroclásticos y diabasas. Los acuíferos principales son: Formación Oligoceno Masachapa (areniscas, arenas tufaceas, conglomerados), Formación Eoceno Brito (arenas, coquinas, volcánicas) y Formación Cretacea Rivas (areniscas arcósicas, mármol nodular, pizarra verde,	Cantidades pequeñas o inadecuadas de agua subterránea perennemente disponible. Departamento de Rivas (1118N08545W) las producciones de los pozos oscilan desde menos de 1 a 19 L/s con un promedio de producción de menos de 5 L/s.	El agua subterránea es generalmente dulce, sin embargo, localmente puede ser de salobre a salina. La dureza del agua es suave en los acuíferos de areniscas y muy dura en los de piedra caliza. El agua puede tener mal olor debido al alto contenido de H ₂ S.	Agua dulce subterránea se encuentra generalmente disponible a profundidades que oscilan entre 20 y 200 mts, sin embargo, a lo largo de la costa del Pacífico la profundidad puede ser hasta de 600 mts. En la región del Pacífico, pozos poco profundos pueden secarse de noviembre a abril y de febrero a abril en las tierras bajas del Caribe debido a las fluctuaciones estacionales del nivel freático del agua. La ubicación de los pozos es generalmente difícil y muchos pozos producen	Los acuíferos son adecuados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producción de 3.3 L/s y bombas sumergibles.

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
<p>3</p> <p>Agua dulce escasa o inexistente</p> <p>(continuación)</p>	<p>tufa negra, pizarra café tufacea intecalada con piedra caliza y pizarra en la base) Formación Masachapa tiene un total de espesor de 2,600 mts. El espesor total de la Formación Brito es de 2,400 mts.</p> <p>Los siguientes acuíferos están localizados en las áreas siguientes:-</p> <p>Montañas del Pacífico (1145N08615W), partes de las tierras altas interiores del norte (1255N08540W) partes de las tierras bajas occidentales del Caribe (1400N08540W),</p> <p>Departamento de Carazo (1145N08615W),</p> <p>Departamento de Jinotega (1345N08535W),</p> <p>Departamento de Managua (1200N08625W),</p> <p>Departamento de Río San Juan (1120N08435W),</p> <p>Departamento de Rivas (1118N08545W),</p> <p>Región Autonomista Atlántico Norte (1400N08400W),</p> <p>Región</p>			<p>únicamente escasas cantidades de agua. Puede que sea necesario hacer un reconocimiento o perforación exploratoria para localizar zonas de máxima producción y mejor calidad. Los pozos ubicados en material grueso a arenoso con bajos porcentajes de barro son los que producen las cantidades más grandes de agua subterránea. La perforación en breccia requiere de tácticas de perforación en roca dura. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y rejillas.</p> <p>El acceso se ve limitado por la densa vegetación y el terreno montañoso.</p> <p>En el departamento de Rivas (1118N08545W) las profundidades de los pozos perforados oscilan desde 18 a 55 mts.</p>	

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
3 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)	Autonomista Sur (1200N08400W), Isla del Maíz (1215N08300W), y Isla Zapatera (1145N08550W).				
4 Agua dulce escasa o inexistente	Andesitas, basaltos, ignimbritas, tufas, y ceniza volcánica intercaladas con areniscas, piedras sedimentosas y piedras calizas de las eras Terciaria a cuaternaria. Los principales acuíferos son: Formación Mioceno Tamarindo (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Matagalpa (ignimbritas, basaltos, andesitas); Grupo Coyol (ignimbritas, basaltos, andesitas); y Grupo Machuca (areniscas, piedras sedimentosas, calizas cristalizadas). Estos acuíferos están localizados principalmente en las siguientes áreas: Tierras altas interiores (1255N08540W), Montañas del Pacífico (1145N08615W) en el Departamento de Boaco	En todo el interior del país se encuentran cantidades de agua de escasas a moderadas en tufas intercaladas con basaltos, provenientes de zonas de fracturas en basaltos, y localmente en areniscas y calizas a profundidades que oscilan desde 15 a 150 mts. Cantidades de agua inadecuadas a pequeñas también están disponibles en gravas gruesas no consolidadas y suelos lateríticos sobre puestas en lechos de roca a profundidades generalmente < 6 mts. Departamento de Boaco (1230N08530W) producciones de 61 pozos perforados oscilan desde menos de 1 a 8 L/s. Departamento de Chontales (1205N08510W) producciones de 70 pozos perforados oscilan entre	Agua de fresca a salobre está disponible proveniente de zonas de fracturas y localmente en areniscas. El agua es ligera a moderadamente dura.	La profundidad del acuífero oscila entre <6 a 150 mts. La ubicación de pozos es generalmente fácil. Los pozos perforados en materiales no consolidados sobre el lecho de roca deberán ser provistos de rejillas. Un reconocimiento extenso o perforación exploratoria pueden ser necesarios para localizar las zonas de mejor calidad y máxima producción. La perforación en el basalto requiere de técnicas de perforación en roca dura. El éxito en la exploración del agua subterránea puede depender de localizar fracturas que tengan agua y fallas. El acceso al lugar es difícil debido a la densa vegetación y el terreno montañoso. Departamento de Boaco	Los acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y la mayoría son apropiados para pozos tácticos con producciones de 3.3 L/s y con bombas sumergibles pequeñas.

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
4 Agua dulce escasa o inexistente (continuación)	(1230N08530W), Departamento de Carazo (1145N08615W), Departamento de Chinandega (1250N08705W), Departamento de Chontales (1205N08510W), Departamento de Estelí (1310N08620W), Departamento de Jinotega (1345N08535W), Departamento de León (1235N08635W), Departamento de Madriz (1330N08625W), Departamento de Managua (1200N08625W), Departamento de Matagalpa (1255N08540W), Departamento de Nueva Segovia (1342N08610W), Departamento de Río San Juan (1120N08435W), Región Autonomista Atlántico Norte (1400N8400W), Región Autonomista Sur (1200N08400W), y Archipiélago de Solentiname (1110N08500W).	menos de 1 a 19 L/s con un promedio de producción de 5 L/s. Departamento de Estelí (1310N08620W) producciones de 104 pozos perforados que oscilan desde 1 a 12 L/s. Departamento de Madriz (1330N08625N) producciones de 43 pozos perforados que oscilan desde menos de 1 a 10 L/s con un promedio de producción de 49 L/s. Departamento de Matagalpa (1255N08540W) producciones de 82 pozos perforados que oscilan entre menos de 1 a 38 L/s. Departamento de Río San Juan (1120N08435W) producciones de 13 pozos perforados oscilan desde menos de 1 a 12 L/s. Con un promedio de producción de 5 L/s.		(1230N08530W) las profundidades de 88 pozos perforados oscilan desde 15 a 237 mts con un promedio de profundidad de 64 mts. Departamento de Estelí (1310N08620W) las profundidades de 148 pozos perforados oscilan desde aproximadamente e menos de 10 a 77 mts. Departamento de Madriz (1330N08625N) las profundidades de 51 pozos perforados oscilan desde 12 a 92 mts con un promedio de profundidad de 57 mts. Departamento de Matagalpa (1255N08540W) las profundidades de 126 pozos perforados oscilan desde 3 a 107 mts con un promedio de profundidad de 48 mts. Departamento de Río San Juan (1120N08435W) las profundidades de 25 pozos perforados oscilan desde 13 a 83 mts con un promedio de profundidad de 50 mts.	

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

Unidad de Mapa (Ver Fig., C-2)	Fuentes	Cantidad ¹	Calidad ²	Desarrollo del Agua Subterránea	Observaciones
5 Agua dulce escasa o inexistente	<p>Rocas ígneas y metamórficas de la era Paleozoica; granito, diorita, filita, esquistos, lajilla, cuarzo y mármol.</p> <p>Estos acuíferos están ubicados principalmente en las siguientes áreas:</p> <p>Parte norte de la planicie costera del Caribe (1400N08400W).</p> <p>Parte noroeste de las tierras altas interiores (1255N08540W) en el Departamento de Jinotega (1345N08535W),</p> <p>Departamento de Nueva Segovia (1342N08610W),</p> <p>y</p> <p>Región Autónoma Atlántico Norte (1440N08400W).</p>	<p>Cantidades de agua dulce de escasas a inadecuadas están disponibles en forma estacional en varios tipos de rocas ígneas y metamórficas.</p> <p>Departamento de Nueva Segovia (1342N08610W) producciones de 42 pozos perforados oscilan desde menos de 1 a 6 L/s con un promedio de producción de menos de 1 L/s.</p>	<p>El agua dulce está disponible en articulaciones y zonas de fracturas dentro de los acuíferos ígneos y metamórficos.</p> <p>La dureza del agua es generalmente suave, sin embargo, el agua puede tener mal sabor y color debido al alto contenido de hierro y manganeso.</p>	<p>La profundidad del acuífero oscila desde 20 a 200 mts. La ubicación de los pozos es muy difícil y la mayoría no son productivos. Reconocimiento extenso y perforación exploratorio pueden ser necesarias para localizar las zonas de mejor calidad y máxima producción. Técnicas de perforación en roca dura se necesitan. Los pozos deberán ser provistos de revestimiento y el acceso se ve limitado debido a la densa vegetación y el terreno montañoso.</p> <p>Departamento de Nueva Segovia (1342N08610W) las profundidades de 60 pozos perforados oscilan desde 15 a 87 mts con un promedio de profundidad de 53 mts.</p>	<p>La mayor parte de las áreas no son adecuadas para la exploración de agua subterránea.</p>

¹ Términos Cuantitativos:

Enormes = > 100 litros por segundo (L/s) (1,600 galones por minuto (gal/min))

Muy grande = > 50 a 100 L/s (800 a 1,600 gal/min)

Grande = > 25 a 50 L/s (400 a 800 gal/min)

Moderado = > 10 a 25 L/s (160 a 400 gal/min)

Pequeño = > 4 a 10 L/s (64 a 160 gal/min)

Muy pequeño = > 1 a 4 L/s (16 a 64 gal/min)

Escaso = > 0.25 a 1 L/s (4 a 16 gal/min)

Inadecuadas = ≤ 0.25 L/s (4 gal/min)

TABLA C-2 RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CONTINUACIÓN)

² Términos Cualitativos:

Agua dulce = máximo TSD \leq 1,000 mg/L;
 máximo de cloruros \leq 600 mg/L; y máximo de sulfatos \leq 300 mg/L.
 Agua salobre = máximo TSD $>$ 1,000 mg/L; pero \leq 15,000 mg/L.
 Agua salina = TSD $>$ 15,000 mg/L.

Términos de dureza:

Suave = 0 a 60 mg/L CaCO₃
 Moderadamente dura = 61 a 120 mg/L CaCO₃
 Dura = 121 a 180 mg/L CaCO₃
 Muy dura = 180 mg/L CaCO₃

³ Las coordenadas geográficas enumeran primeramente la latitud para el hemisferio norte (N) o sur (S) y después para el hemisferio oriental (E) u occidental (W). Por ejemplo:

Tierras bajas del Pacífico..... 1235N08635W

Las coordenadas geográficas para las tierras bajas del Pacífico se dan como 1235N08635W igual a 12°35' N, 86°35' W y se pueden escribir como latitud de 12 grados y 35 minutos norte y una longitud de 86 grados y 35 minutos oeste. Las coordenadas geográficas son lo suficientemente precisas para localizar características en un mapa a escala del país. Las coordenadas son aproximadas.

Notas:

Ca	= calcio	m	= metros
CaCO ₃	= carbonato de calcio	m ² /d	= metros cuadrados por día
Cl	= cloruro	Mg	= magnesio
gal/min	= galones por minuto	mg/L	= miligramos por litro
HCO ₃	= bicarbonato	Na	= sodio
H ₂ S	= sulfuro hidrogeno	NO ₃	= nitrato
L/min	= litros por minuto	TSD	= total de sólidos disueltos
L/s	= litros por segundo		
L/s/m	= litros por segundo por metro		
INAA	= Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado		

Tabla de conversión:

Convertir	Multiplicar por	Para obtener
Litros por segundo	15.84	Galones por minuto
Litros por segundo	60	Litros por minuto
Litros por segundo	950	Galones por hora
Galones por minuto	0.063	Litros por segundo
Galones por minuto	3.78	Litros por minuto