

Los Recursos Hídricos de Nicaragua

1. Introducción

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en cuanto a recursos hídricos, cuenta con 38,668 m³/cápita/año (FAO-Aquastat, 2003), lo que posiciona al país por encima del promedio para los países de Centroamérica. A pesar de ello, la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos ha tenido un gran impacto en la disponibilidad. Es por ello que se considera que Nicaragua tiene **escasez económica** de agua (International Water Management Institute, 2007), debido, por un lado, a la falta de recursos financieros para utilizar y mantener las fuentes de agua con calidad adecuada para consumo humano, y por otro, a los problemas de gobernanza para la buena gestión integral del recurso. Frente a ello, en la última década, el país ha iniciado actividades para establecer una política y legislación apropiadas para la gestión integral del agua. Además, ha destacado en el inicio de la formación de profesionales con capacidades específicas para administrar el recurso.

2. Marco Legal e Institucional del Sector Hídrico

Con la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua (Ley 217), puesta en vigencia en 1996, se inicia la introducción de una legislación dirigida a proteger los recursos hídricos de una manera más integral. Anteriormente, el agua era regulada por un Código Civil establecido en 1904 que promovía el manejo privado del agua y de los recursos naturales y los regía mediante leyes establecidas en forma específica, de acuerdo con el art. 723 el cual señalaba : “Todo lo concerniente a las aguas públicas y particularmente a las navegables y fluctuables, a las corrientes de agua no navegables ni flotables, a las fuentes y manantiales, a las aguas pluviales, a los canales, acueductos particulares y otras obras relativo al uso de las aguas; finalmente a las sustancias vegetales acuáticas o terrestres se rigen por ordenanzas especiales.” En este contexto la mayor contribución de la Ley 217 (Gaceta, 1996) fue declarar el recurso agua como de dominio público y reservar al estado la propiedad de las playas marítimas, fluviales y lacustres; el álveo de las corrientes y el lecho de los depósitos naturales de agua; los terrenos salitrosos, el terreno firme comprendido hasta 30 metros después de la línea de marcas máximas o a la

del cauce permanente de los ríos y lagos y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas (IANAS, en preparación).

La Política Nacional de los Recursos Hídricos (Gaceta, 2001) se basa en una gestión por cuencas hidrográficas como fundamento para el manejo integrado del recurso agua en Nicaragua. Además, establece la importancia de que el agua sea un patrimonio nacional de dominio público para satisfacer las necesidades básicas de la población respetando los principios de equidad social y de género. La Política prevé el impacto del **cambio climático** al establecer en su **Art.2** “Son objetivos de la Política Nacional de los Recursos Hídricos el uso y manejo integrado de los recursos hídricos en correspondencia con los requerimientos sociales y económicos del desarrollo y acorde con la capacidad de los ecosistemas, en beneficio de las generaciones presentes y futuras, así como la prevención de los desastres naturales causados por eventos hidrológicos extremos.”

En 2007, se aprueba y promulga la primera Ley 620 (Gaceta, 2007b) que regula de manera integral el recurso hídrico, y que es en realidad el primer instrumento legal para el manejo sostenible del recurso (IANAS, en preparación). Esta Ley establece un marco normativo integral para las aguas nacionales que es acorde con la Política Nacional de administrar, conservar, desarrollar, usar, aprovechar sostenible y equitativamente así como preservar en cantidad y calidad los recursos hídricos existentes en el país (C. García, Presidente Comisión Medio Ambiente Asamblea Nacional). La Ley General de Aguas Nacionales (Ley 620) y su Reglamento ponen énfasis en la gestión integrada del recurso a partir de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas e hidrogeológicas del país. El componente más importante de la Ley es la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el **Art. 24** el cual señala “Se crea la Autoridad Nacional del Agua (ANA) que será el órgano descentralizado del Poder Ejecutivo en materia del agua, con personería jurídica propia, autonomía administrativa y financiera y que tendrá facultades técnicas-normativas, técnicas-operativas y de control y seguimiento, para ejercer la gestión, manejo y administración en el ámbito nacional de los recursos hídricos, de conformidad a la presente Ley y su reglamento”. La ANA (**Art. 25**) es la responsable de proponer al Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) para su aprobación, la conformación de los Organismos de Cuenca. Otras funciones de la ANA es organizar y coordinar el Sistema de Información de los Recursos Hídricos el cual tiene como función determinar la

disponibilidad de las aguas nacionales en cantidad y calidad, así como, el establecer el inventario de los usos y usuarios del recurso. Este sistema abarca información geográfica, meteorológica, hidrológica, hidrogeológica e incluye el manejo de los bancos de datos, la operación y mantenimiento de las redes y la difusión de la información obtenida.

Otro aspecto importante de la Ley 620 es el reconocimiento de la importancia del Lago Cocibolca, el lago más grande de Centroamérica y el lago tropical más grande de las Américas- como reservorio nacional de agua potable con el objeto de impedir que siga la contaminación de sus aguas. Como resultado se creó la “Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Cocibolca y el Río San Juan” (Gaceta, 2007a) la cual tiene como función elaborar, aprobar y dar seguimiento al Plan de Acción y de Ordenamiento Territorial para la Gestión de la Cuenca (Montenegro, 2009).

Por otra parte, es importante añadir que los Planes de Desarrollo Municipal incluyen una componente adicional a la gestión del agua ya que por medio de la Ley de Municipios (Ley 40) Art. 6 se establece “los gobiernos municipales tienen competencia en todas las materias que incidan en el desarrollo socio-económico, en la conservación del ambiente y los recursos naturales de su circunscripción territorial.” Además, la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua (Art. 83) establecen que los gobiernos autónomos y municipalidades pueden determinar en el área de su jurisdicción las cantidades máximas de extracción de agua.

A pesar del progreso en el desarrollo del marco legal e institucional señalado, la ausencia del instrumento institucional, la Autoridad Nacional de Agua, ha significado en la práctica que la Ley no tenga aplicabilidad.

Actualmente existen instituciones reguladoras y administradoras que juegan un papel esencial en la protección del agua. Entre éstas se encuentran:

a) La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL - <http://www.enacal.com.ni>) que es la empresa que brinda servicios de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, como servicio público. También canaliza fondos de financiamiento proveniente de diferentes fuentes a los servicios.

b) El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA - <http://www.inaa.gob.ni>) que es el ente regulador, de control y normalización del sector agua potable y alcantarillado sanitario.

c) El Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE - <http://www.fise.gob.ni>) el cual dirige inversiones sectoriales para el desarrollo local en cuanto a agua potable y saneamiento en las regiones rurales.

d) La Comisión Nacional de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (CONAPAS - <http://www.conapas.gob.ni>) la cual está encargada de la formulación de estrategias del sector y su evaluación con el objetivo de promover el desarrollo de los servicios para la población.

Otras instituciones con responsabilidad en diferentes áreas relacionadas con el agua son:

a) El Ministerio de Salud (MINSa - <http://www.minsa.gob.ni>) el cual establece la regulación de la calidad de agua de acuerdo con la Ley General de Salud (Gaceta, 2002), Art. 69: “El MINSa en el ámbito de su competencia tendrá la facultad de determinar los rangos máximos contaminantes permisibles y las normas técnicas a que deben sujetarse las personas naturales o jurídicas en las materias relacionadas con el medio ambiente” y, además, puede intervenir en actividades de control de la contaminación con fundamento en el Art. 79, establecer “Medidas administrativas de seguridad para ser aplicadas de forma inmediata: La suspensión de obras o trabajos que puedan contaminar las aguas superficiales o subterráneas o el suelo, así como la suspensión de construcciones o viviendas sin servicios sanitarios básicos o de urbanizaciones sin servicios de alcantarillado y agua potable”.

b) El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) - <http://www.marena.gob.ni>) como institución nacional responsable de formular, proponer y dirigir las políticas del ambiente y uso sostenible de los recursos naturales y que incide directamente en la protección de la calidad de agua en los cuerpos de agua superficial y subterránea. El MARENA está directamente encargado de la normalización y regulación del uso del recurso así como de su monitoreo, control de calidad y uso adecuado. Además tiene la misión de controlar la contaminación a través de la dirección de Calidad Ambiental la cual es la responsable de vigilar el cumplimiento del Decreto 33-95 y que se refiere a las

disposiciones para el Control de la Contaminación Provenientes de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias (Gaceta, 1995).

c) El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER <http://www.ineter.gob.ni>) que es la institución facultada para generar información sobre los recursos (hidrológico, meteorológico, estudios geofísicos, seguimiento del vulcanismo, actividades tectónicas y cartografía) de Nicaragua y donde existe una dirección de Recursos Hídricos.

d) Los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS - <http://capsnicaragua.blogspot.com>) que son organizaciones comunitarias rurales y que realizan gestiones organizativas y operativas para llevar agua y saneamiento a los hogares.

Finalmente, como el gobierno ha reconocido la importancia de mejorar la capacidad de gobernanza del recurso agua en Nicaragua, se decidió reforzar los programas de formación de recursos humanos a nivel nacional para trabajar en instituciones gubernamentales, no-gubernamentales, universidades y organismos relacionados con la gestión de los recursos hídricos. Por ello, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en Managua se creó un Centro de Investigación para los Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN - www.cira-unan.edu.ni) dedicado a la generación de profesionales, la producción de información e investigación útil a la gestión integrada de los recursos hídricos. El CIRA/UNAN cuenta con una Maestría en Ciencias del Agua para formar recursos humanos capaces de llevar a cabo la gestión integral de los recursos hídricos.

3. Situación general del agua

3.1 Disponibilidad

Los registros de precipitación de los últimos cincuenta años (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER), indican que la precipitación media anual es de 2391 mm. Dicha precipitación es bastante regular con variaciones debidas a eventos extremos ocasionados por la variabilidad climática. A pesar de esta precipitación relativamente estable, se observan variaciones espaciales y temporales en su distribución siendo éstas más marcadas en la región Pacífico y Central de Nicaragua. La mayor incidencia de precipitaciones se da en la vertiente del Atlántico, con registros por arriba de los 2000

mm/año (Anexo B.1), a diferencia de la vertiente del Pacífico donde se registran precipitaciones entre 1300 y 1850 mm/año. (Figura 4.3).

En el país, la variabilidad climática se manifiesta en eventos extremos denominados: El Niño y La Niña, asociados con sequías e inundaciones, respectivamente. Los eventos del Niño o eventos cálidos, ocasionan sequías que impactan directamente a los sectores socioeconómicos del país. Eventos ocasionados por el Niño han ocurrido en 1972, 1976-77, 1991, 1992, 1994 y 1997 (MARENA, 2008). En contraste, el Evento de La Niña, se relaciona con tormentas y huracanes tropicales que incrementan la precipitación. En las últimas cuatro décadas, la Niña ha provocado siete potentes huracanes, inundaciones y serios daños económicos y sociales, tanto en Nicaragua como en países vecinos. Estos huracanes fueron Fifi (1974), Alleta (1982), Joan (1988), César (1996), Mitch (1998), Keith (2000) y Félix (2006).

La distribución de las aguas superficiales a lo largo del territorio es desigual. La mayor parte se concentra en la vertiente del Atlántico, donde se estima una disponibilidad media de agua de 105,442.46 Mm³. En contraste, la disponibilidad en la vertiente del Pacífico es de 630.55 Mm³ (Anexo B.2) (PHIPDA, 2003).

En cuanto a los recursos subterráneos, éstos son más abundantes en el Pacífico debido a las características geológicas y litológicas de los suelos volcánicos permeables. (Figura 3.1). Se estima que los acuíferos del Pacífico tienen volumen seguro aprovechable de 3,635.80 Mm³ (PHIPDA, 2003). Los acuíferos del Atlántico no han sido estudiados en detalle por lo que se carece de información sobre los mismos. En el Anexo B.3, se muestra la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos.

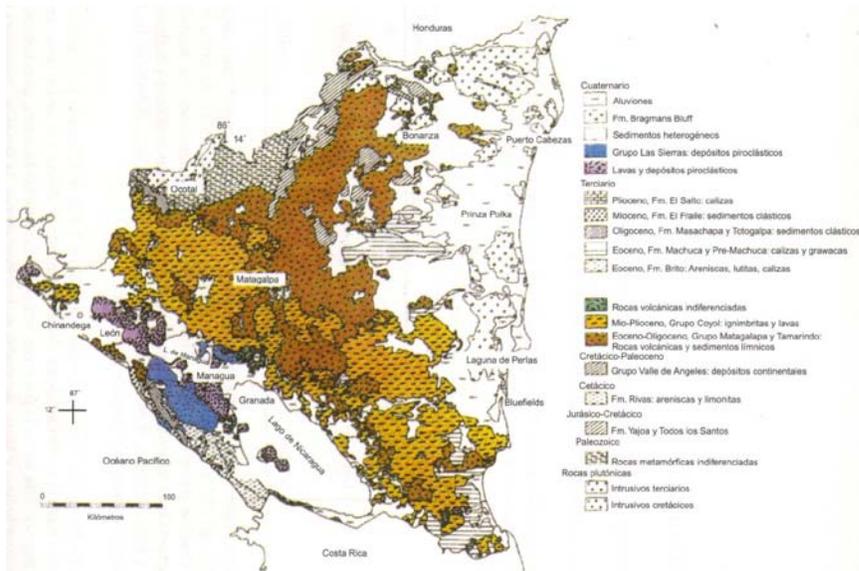


Figura 3.1. Mapa Geológico,
 FUENTE: Weyl, 1980, modificado por Losilla, 2001.

3.2 Balances Hídricos por cuenca

Hidrográficamente Nicaragua está dividida en 21 cuencas distribuidas en dos grandes vertientes hidrográficas: La vertiente del Pacífico (de 12,183.57 km²) y la del océano Atlántico (117,420.23 km²). Hacia el Atlántico drenan 51 ríos, 4 descargan al Lago Xolotlán y 12 al Lago Cocibolca mismos que posteriormente drenan a través del río San Juan hacia el Océano Atlántico. Las cuencas del Pacífico son más pequeñas con ríos más cortos en longitud. Además, esta zona se distingue por poseer los mejores suelos agrícolas y es donde está concentrada más del 60% de la población total del país (Anexo A.4). Hacia el Océano Pacífico desaguan directamente 12 ríos. Además de los dos grandes lagos, el país cuenta con 18 lagunas, 9 en la Región Pacífica, 5 en la Región Central y 4 en la Región Atlántica. También existen 4 embalses: 3 destinados para fines hidroeléctricos y 1 para riego y piscicultura. Los abundantes recursos de agua superficial son estacionales y su distribución es desigual. El 93% se encuentra en la zona del Atlántico y sólo un 7% en el Pacífico (Anexo B.1). Se distinguen cuatro acuíferos principales en el pacífico y 21 en el atlántico, incluida las planicies bajas de los ríos (INETER). La Figura 3.2 ilustra el mapa de cuencas de Nicaragua.

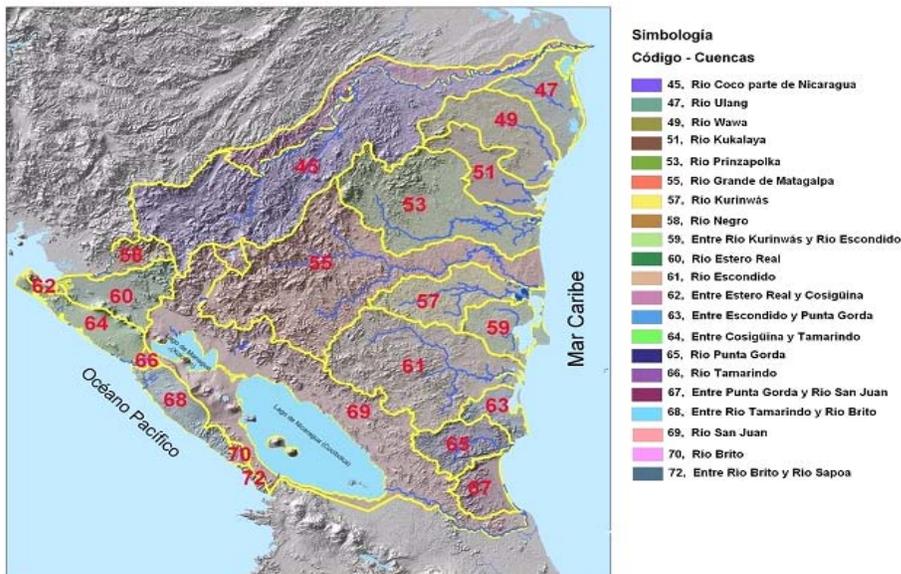


Figura 3.2. Mapa de Cuencas de Nicaragua,
 FUENTE: Elaboración CIRA/UNAN a partir de la delimitación de INETER

Oficialmente no se dispone de datos sobre estimaciones del escurrimiento total, recarga de aguas subterráneas y producción hídrica para todo el país. Los estudios que existen se concentran en la situación de algunas subcuencas y microcuencas ubicadas en las vertiente del Pacífico.

Durante la elaboración de los Planes Hidrológico Indicativo Nacional y Anual de Disponibilidad de Agua (PHIPDA, 2003), se efectuó un balance hídrico para la vertiente del Pacífico resultado un escurrimiento de $8,830.10 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($280 \text{ m}^3/\text{s}$) y una recarga de aguas subterráneas de $3,150.16 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($99,8 \text{ m}^3/\text{s}$). La vertiente del Atlántico no fue estudiada, con excepción de la cuenca 69, donde se estimó un escurrimiento de $9,644.36 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($305,82 \text{ m}^3/\text{s}$) y una recarga de agua subterránea de $1,375.63 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($43,62 \text{ m}^3/\text{s}$).

En el año 2008 se realizó otro balance hídrico, en esta ocasión para todas las cuencas del país (estudio aun no publicado), donde se estimó una disponibilidad de agua de $57,668.6 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($1828,65 \text{ m}^3/\text{s}$), de la cual el 50% del volumen es disponible para la explotación. En la vertiente del atlántico anualmente se escurren $48,404 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($1,534.88 \text{ m}^3/\text{s}$), con una recarga de $4,507.2 \text{ Mm}^3/\text{año}$ ($143 \text{ m}^3/\text{s}$). Para el Pacífico se estima una recarga

promedio de los acuíferos en 1,278.1 Mm³/año (40,5 m³/s) y de escurrimiento en 3,479.3 Mm³/año (110,32m³/s). Dicha disponibilidad es menor en la práctica por efecto de la contaminación antropogénica (Sección 6).

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 3.1, las cuencas 61 (Río Escondido), 69 (Río San Juan) y 55 (Río Grande de Matagalpa) son las de mayor disponibilidad hídrica, pese a que su cobertura boscosa que ayuda a captar agua se ha reducido en un 16%, 24 % y 41 % respectivamente.

Tabla.3.1. Potencial hídrico y cobertura boscosa de cuencas que drenan al Océano Atlántico, FUENTE: Elaboración propia, con datos no publicados.

Nº	Cuenca	Área cuenca (km ²)	Escurrecimiento (Mm ³ /año)	Recarga subterránea Promedio (Mm ³ /año)	Cobertura boscosa (%)	Áreas protegidas
45	Río Coco	19969	7134,9	47,9	61,8	si
47	Río Ulang	3777	2676,2	220,4	61,0	si
49	Río Wawa	5372	2567,5	303,7	87,8	si
51	Río Kukalaya	3910	2884,5	225,1	67,4	-
53	Río Prinzapolka	11292	6627,1	707,8	66,0	-
55	Río Grande de Matagalpa	18445	8288,3	36,0	41,0	-
57	Río Kuriwas	4457	2069,0	328,2	67,1	si
59	Entre Río Kurinwas y Río Escondido	2034	1456,2	162,7	87,0	si
61	Río Escondido	11650	8534,7	700,8	16,0	-
63	Entre Río Escondido y Río Punta Gorda	1160	1078,1	89,1	87,7	si
65	Río Punta Gorda	2867	2040,8	390,5	75,4	si
67	Entre Río Punta Gorda y Río San Juan	2229	2174,7	178,2	99,0	si
69	Río San Juan	29824	8006,9	1116,8	24,3	-

De las cuencas que drenan al Océano Pacífico, la No. 64 (Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo), es la de mayor productividad hídrica, con una baja cobertura boscosa y presencia de áreas protegidas. En general, las cuencas de la vertiente del Pacífico se encuentran muy intervenidas, lo que refleja en una cobertura boscosa reducida, siendo la cuenca 72 (Entre Río Brito y Río Sapoá) la que posee mayor cobertura boscosa (44,6%) y la cuenca 66 (Río Tamarindo) con menor ya que solamente posee 7,8 % (Tabla 3.2).

Tabla.3.2. Potencial hídrico y cobertura boscosa de cuencas que drenan al Océano Pacífico,
FUENTE: Elaboración propia, con datos no publicados.

Nº	Cuenca	Área Cuenca (Km ²)	Escurrimiento (Mm ³ /año)	Promedio de Recarga subterránea (Mm ³ /año)	Cobertura boscosa (%)	Áreas protegidas
58	Río Negro	1428	278,7	20,0	13,1	si
60	Estero Estero Real	3691	1058,0	80,0	17	
62	Entre Estero Real y Volcán Cosigüina	429	167,1	13,3	28,7	si
64	Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo	2951	1156,9	1063,3	12,1	si
66	Río Tamarindo	318	79,2	18,6	7,8	
68	Entre Río Tamarindo y Río Brito	2768	628,1	62,2	22,7	si
70	Río Brito	274	52,5	9,2	15,7	
72	Entre Río Brito y Río Sapoá	325	58,8	11,5	44,6	si

No se dispone de datos suficientes para efectuar un análisis comparativo entre los resultados de distintos balances hídricos ya que como se ha mencionado anteriormente, la vertiente del Pacífico ha sido más estudiada, por motivos de suministro de agua en la zona con más densidad de población (Anexo A.4).

La información presentada por el Plan Hidrológico Indicativo Nacional y Anual de Disponibilidad de Agua (PHIPDA, 2003) así como el balance hídrico más reciente presentado por cuenca (no oficial y no publicado), muestra una diferencia significativa en los resultados, lo que apunta a la necesidad de realizar un análisis más detallado. Además, los resultados de los balances hídricos existentes son incompletos, debido a que no se cuenta con información adecuada sobre datos meteorológicos, presas, sistemas de abastecimiento de agua, extracción privada por industrias y actividades agropecuarias.

4. Suministro de agua para los sectores doméstico, industrial y agrícola.

4.1 Demanda versus disponibilidad

A nivel nacional, la disponibilidad de agua es suficiente para cubrir la demanda existente; en la Figura 4.1, se ilustra que la disponibilidad total de agua de todas las cuencas es suficiente para cubrir la demanda existente. Sin embargo, para las cuencas que drenan al Pacífico si bien es cierto que actualmente la disponibilidad es mayor a la demanda, la brecha existente es poco significativa, y apunta, por lo tanto, a un problema de escasez en años futuros. De hecho, la cuenca 64 (Entre Cosigüiná y Tamarindo) ya ha sufrido desabasto por falta de una buena distribución de agua y sobre explotación del acuífero para uso agrícola, en especial en la estación seca (noviembre a abril), (MARENA, 2008).

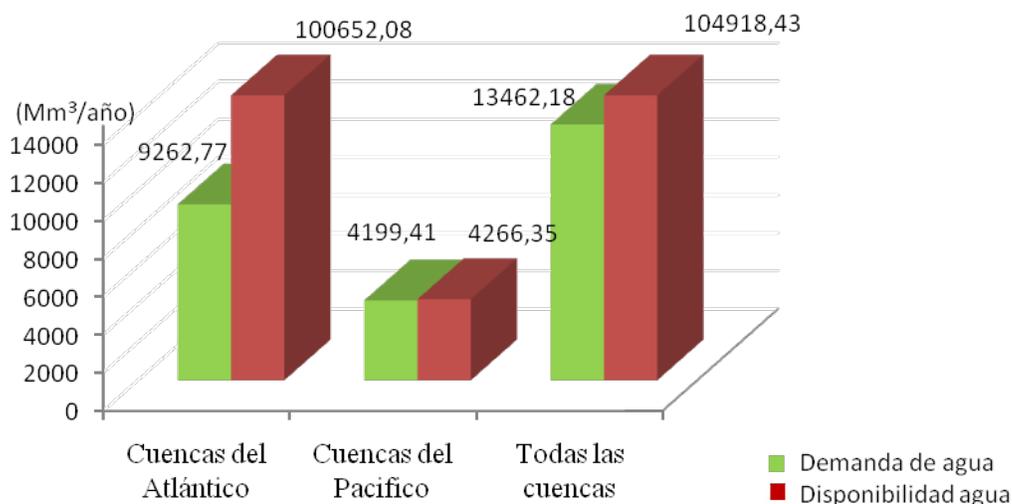


Figura 4.1 Estimaciones Demanda total de agua en Mm³/año, FUENTE: PHIPDA, 2003.

La extracción total de agua en el año 2008 y los porcentajes de consumo por sector se muestra Tabla 4.1, siendo el sector agropecuario el que consume más agua. La demanda de agua en los últimos cinco años para los sectores domésticos, industrial y agropecuario se muestra en los Anexos B.4, B.6, B.7 y B.8.

Tabla.4.1. Consumo de agua por sector, FUENTE: MAGFOR, 2008; CONAGUA y WWC, 2006.

Extracción Total de agua en Nicaragua (MMC)	Sector Agropecuario (MMC)	Sector Domestico (MMC)	Sector Industrial (MMC)
1794.9	83 %	3 %	14 %

4.2 Uso doméstico.

4.2.1 Fuentes para el abastecimiento de agua potable

La principal fuente de abastecimiento de agua potable es el agua subterránea, representando ésta el 70 % del total; el 30% restante proviene de agua superficial o sub superficial (Anexo B.15). Esto se debe a que más del 86 % de la población se ubica en la vertiente del Pacífico (20 % del territorio) donde hay sólo el 6% del agua superficial (Montenegro, 2009). Por ello, las estrategias de explotación de los recursos hídricos se han dirigido a la extracción de agua subterránea la cual tiene bajos costos de captación y un reducido costo de potabilización por su excelente calidad. La Tabla 4.2, contiene los 200 sistemas de abastecimiento que se han contabilizado en el país y de los cuales el 78% (136) utilizan como fuente las aguas subterráneas.

Tabla 4.2. Número de sistemas por tipo de fuente de abastecimiento, FUENTE: ENACAL, 2008.

Empresas distribuidoras	Número de sistemas	Número de sistemas por tipos de efluentes		
		Aguas subterráneas	Aguas Superficiales	Combinación de ambas
ENACAL	147	120	19	8
AMAT/AMAJIN	19	11	8	-
Municipalidades	33	4	29	-
privado	1	1	-	-
Totales	200	136	56	8

Actualmente existen 5,276 sistemas de acueductos rurales, que abastecen igual número de pequeñas comunidades rurales (ENACAL, 2008). La distribución de las obras de agua por departamento, se muestra en la Figura 4.2; donde se observa que los departamentos de la Región Pacífica y Central, Matagalpa, León, Estelí y Jinotega son los departamentos que poseen más **obras de acueductos rurales** a diferencia de las Regiones del Atlántico Norte que poseen menor cantidad de obras, siendo estas las zonas más deprimidas en el sector de abastecimiento rural de agua potable.

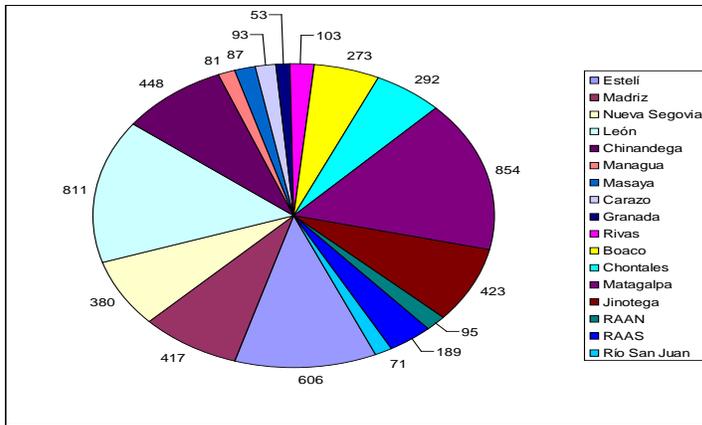


Figura 4.2. Distribución de acueductos rurales por departamento, FUENTE: IANAS, en preparación, con datos publicados por ENACAL, 2008.

4.2.2 Volumen de suministro

En el año 2008 se estimó una demanda de agua por el sector municipal de 373,50 Mm³/año (11,8 m³/s), (IANAS, en preparación), contra 289,74 Mm³/año (9,2 m³/s) que ENACAL extrajo y distribuyó. Es importante destacar que la falta de agua afecta principalmente a los más pobres ubicados principalmente en zonas rurales y periurbanas de Managua, (donde el número de pobres es por arriba de los 40 mil) así como en los municipios de Waslala, Wiwili, Tuma la Dalia, Nueva Guinea, Siuna y las cabeceras departamentales de Masaya, Jinotega, León, Chinandega y Matagalpa (Gómez et al., 2005).

4.2.3 Abastecimiento de agua

La cobertura de agua potable en la zona urbana es de 77% (ENACAL, 2008); es decir, aproximadamente 2, 444,420 habitantes del área urbana tienen acceso al agua potable. En contraste, en el área rural la cobertura es de sólo 56% (ENACAL, 2008), que corresponde a 1, 396,811 de habitantes. En síntesis, solamente 3, 841,231 habitantes de la población Nicaragüense tienen acceso al servicio de agua potable, por lo que hay un total de 1 827 646 personas sin servicios (Anexos B.14 y B.15).

La demanda de agua para uso doméstico se ha incrementado anualmente como resultado del alto crecimiento poblacional del país (1.7% anual según INEC, 2005 y 1.3% anual según INIDE, 2008); a pesar de ello el suministro municipal no ha sido aumentado congruentemente. En el Anexo B.5 se muestra la producción y consumo facturado para el

sector domestico por la empresa distribuidora de agua ENACAL, para el período de 1995 al 2008.

Este déficit se debe principalmente a: la falta de políticas de inversión en el sector, a la contaminación de las aguas disponibles, el crecimiento acelerado de la población y a la distribución-espacial de los asentamiento humanos en el país. En efecto, el 86% de la población se asienta en el 20% del territorio nacional y que corresponde a las regiones del Pacífico y Central, donde la disponibilidad de agua es menor. En el Anexo A.4 y Anexo B.13 se ilustra la distribución de la población en el territorio.

En su mayoría, la demanda de agua del sector doméstico es cubierta a partir de acuíferos. Como se mencionó, las zonas más pobladas del país se encuentran en las regiones del Pacífico y Central, donde la precipitación pluvial es menor, así como la disponibilidad de agua superficial. La Figura 4.3, ilustra la distribución de la precipitación pluvial a lo largo del territorio, siendo las áreas que aparecen en color crema, amarillo, verde olivo y naranja, donde se presenta la menor incidencia de lluvia y por lo consiguiente son las más afectadas durante eventos extremos de sequías. En el Anexo A.2, se presenta el mapa de áreas vulnerables a sequías. Efectivamente, las regiones del Pacífico y Central son las más secas, pero en ellas se ubican los acuíferos más grandes de Nicaragua. Desafortunadamente, hay estimaciones que indican que las sequías recurrentes relacionadas con el cambio climático han bajado el nivel de los acuíferos hasta en 2 m (INETER, 2006), afectando el suministro de comunidades que se abastecen de pozos someros o fuentes superficiales alimentadas a partir de agua subterránea.

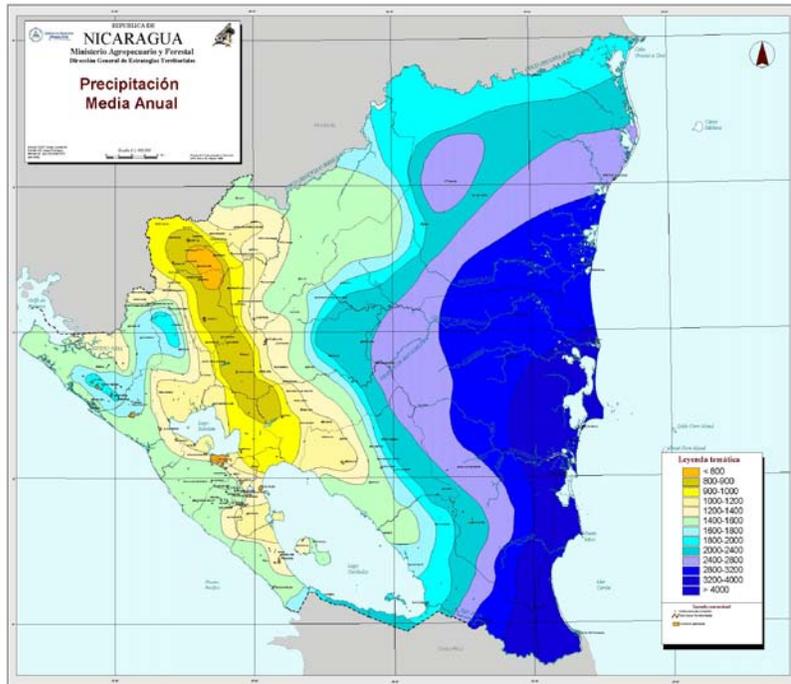


Figura 4.3. Mapa de Precipitaciones media anual, FUENTE: MAGFOR, 2002.

4.2.3.1 Zonas de escasez por falta de agua o por un servicio no apropiado

En la parte norte de la región Central, municipios como Palacagüina, Pueblo Nuevo, Somoto, Yalagüina, Totogalpa, Ocotal, San Juan de Limay, Estelí y Matagalpa, tienen índices altos de escasez de agua por localizarse en la zona más seca del país. En la región del Pacífico, los municipios que presentan problemas de escasez de agua son León, Chinandega, Managua, Nindirí, Ticuantepe, La Concepción, San Marcos, Granada, Masaya, El Rosario, La Paz de Carazo y Niquinohomo. Estos municipios (Anexo A.1. Mapa División Política de Nicaragua, con sus Municipios) tienen el nivel más alto de sensibilidad a problemas de escasez de agua, principalmente por la densidad poblacional y los niveles reducidos de precipitación (Figura 4.3), sumado al deficiente servicio de agua potable. La ilustración gráfica de las áreas del país más sensibles a problemas de escasez de agua, se muestran en la Figura 4.4. En contraste, los municipios de la región Atlántica son los que presentan menos problemas de escasez pero – a pesar de ello – la cobertura del servicio de agua potable es baja y la calidad de las aguas superficiales mala.

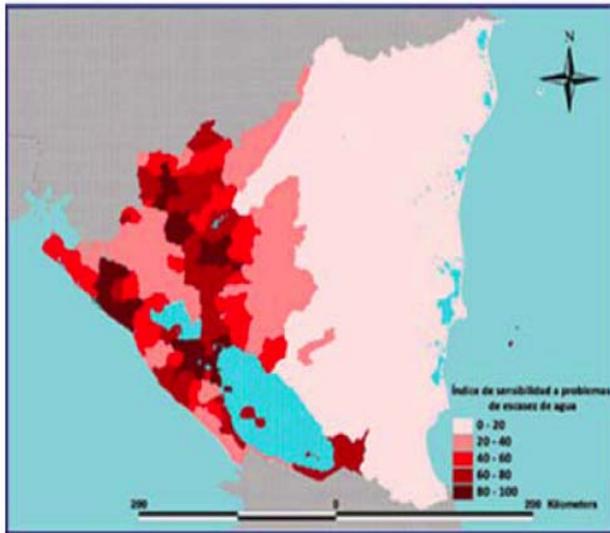


Figura.4.4. Áreas sensibles a los problemas de escases de agua,
 FUENTE: González, 2006.

La variación climática ha significado la reducción en la disponibilidad de agua, por lo que a la fecha existen zonas con escasez de agua donde se encuentra en riesgo no sólo la salud de las personas, sino también la sobrevivencia de la población y otras formas de vida. En algunas regiones de la zona seca ubicada en el Pacífico y parte norte de la región Central, existen comunidades - por ejemplo en los municipios del Cuá – Jinotega- que sobreviven con volúmenes de agua muy pequeños y que además tienen que recorrer grandes distancias para conseguirlos. Ello es causa del deterioro de las condiciones socioeconómicas. (END, 2009; CAPS, 2009).

4.2.4 Calidad del agua doméstica

La eficiencia y la cobertura del servicio de suministro de agua son afectadas por la calidad; aproximadamente el 30% de las poblaciones urbanas y el 44% de las rurales no tienen acceso a un agua segura. (ENACAL, 2008) En la región Atlántica, la cobertura de servicio de agua potable es de sólo 36 % para la Región Autónoma del Atlántico Norte y de 11% para la Región Autónoma del Atlántico Sur (SINIA, 2006; ENACAL, 2008); estas coberturas son las más bajas del país lo que significa. Municipios como Siuna, Paiwas, Kukra-Hill, Waslala, La Cruz de Río Grande, El Rama, El Tortuguero, La Mina Rosita y San Juan del Norte son los que tienen un alto índice de problemas por la calidad del agua.

En la región Centro-Norte, los municipios de San Rafael del Norte, San Sebastián de Yalí, Muy Muy, San Lorenzo, Camoapa, La Libertad y Santo Domingo también presentan un alto índice de problemas de calidad de agua. En la figura 4.5, se muestra las zonas del país con problemas de calidad; las áreas más afectadas se ilustran en tonalidades rojo a rojo oscuro.

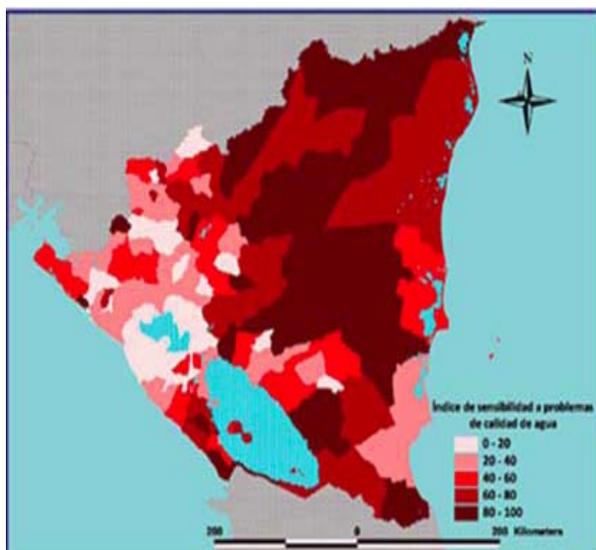


Figura 4.5. Áreas sensibles a los problemas de calidad de agua, FUENTE: Gonzales, 2006.

Otro problema de suministro de agua en el sector doméstico, es la calidad del servicio, la cual es deficiente, principalmente por los serios problemas de la **continuidad** que presenta el abastecimiento; esto se debe a múltiples causas tales como; problemas de mantenimiento a las redes y equipos, altos niveles de fugas de agua (Cerca del 40%) causados por la obsolescencia de las redes de distribución, interrupciones frecuentes por largas horas de falta de suministro de energía eléctrica, crecimiento desordenado de las redes y no menos importante la brecha existente entre la producción de agua y la demanda creciente de la población (ENACAL, 2008).

Los problemas de continuidad se agudizan en los meses secos (noviembre – abril). En los Anexos B.9, B.10, B.11 y B.12 se muestran las variaciones en la producción de agua de ENACAL por mes, para toda Nicaragua, Managua, occidente León- Chinandega y Río San Juan. Los meses problemáticos son Febrero, Marzo, Abril y Mayo a tal grado que hay

raconamientos en los diferentes barrios de la ciudad de Managua fundamentalmente y en el resto de los departamentos de las regiones del Pacífico y Central de Nicaragua.

Otro agravante del problema lo constituyen las conexiones por cuenta propia que realizan los asentamientos humanos espontáneos, que emplean tuberías sin las previsiones técnicas adecuadas, agudizando la frecuencia y dimensiones de las pérdidas de agua por fuga en las redes. Para mejorar la situación de las redes de distribución, se requiere una considerable inversión para la rehabilitación y ampliación de los sistemas de acueductos de agua potable existentes.

La empresa ENACAL en el período del 2002 al 2007 ha invertido 167, 669.30 dólares americanos, en obras de agua potable y saneamiento. En su Plan de Desarrollo Institucional (2008-2012), ENACAL plantea incrementar la cobertura de agua potable de 77% a 88 % , elevar las horas de continuidad del servicio de 15 horas a 22 horas por día e incrementar la producción de agua de 271,06 Mm³/año (8,59 m³/s) a 296,57 Mm³/año (9,40 m³/s) (ENACAL, 2008).

4.3 Suministro industrial

En Nicaragua, el sector industrial aporta casi un 30% del producto interno bruto (PIB). Entre las principales industrias destacan la manufacturera, la construcción y la minería. La industria manufacturera está conformada por bebidas, alimentos, tabaco, metal-mecánica, pinturas, textil, química farmacéutica, lácteos y madera, principalmente y que funcionan con un porcentaje importante de agua. Sin embargo, el volumen es mucho menor al consumido por otros sectores, como el sector agrícola.

4.3.1 Fuentes de agua para el uso industrial

La industria en Nicaragua estratégicamente se ha asentado cerca de las fuentes de agua limpia (aguas superficiales y aguas subterráneas) y donde además hay disponibilidad de mano de obra barata por la densidad poblacional y se localizan grandes urbes para facilitar la comercialización de sus productos. Ello ha llevado a que la industria se desarrolle donde se encuentra la mayor demanda de agua municipal.

Al igual que para el sector doméstico, la principal fuente de abastecimiento de agua para las industrias es el agua subterránea, debido a su disponibilidad en las regiones donde se ubican la mayoría de las industrias (Pacífico y Norte-Central). Además, la buena calidad de los acuíferos hace que la inversión para el suministro sea baja.

4.3.2 Abastecimiento de agua para uso industrial

La mayoría de las grandes industrias del país poseen fuentes propias de abastecimiento de agua (ENACAL, 2005) las cuales son de origen subterráneo y no han sido registradas, no son facturadas y por lo tanto no se cuenta con datos de extracción. Una parte de la industria es abastecida por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INEC, 2003). El Anexo B.5 muestra los datos históricos del consumo de agua en las industrias abastecidas por ENACAL. En el año 2008 ENACAL facturó 745,4 Mm³ (23,64 m³/s) de agua a las industrias que abastece.

En Nicaragua el consumo de agua para la industria se estima en un 14% de la extracción total anual de agua (CONAGUA y WWC, 2006). Como antes se mencionó, se carece de un dato exacto de consumo de agua para la industria, debido a que la empresa distribuidora de agua no abastece a todas las empresas.

En Managua, un alto número de industrias, que pertenecen al parque industrial, se han establecido en parte de la franja costera del lago de Xolotlán, con el objeto de aprovechar la disponibilidad de agua subterránea por una parte, así como por la facilidad para verter sus efluentes líquidos al Lago.

Económica y administrativamente las industrias muestran bajos niveles en la productividad industrial del agua, siendo un reflejo del poco valor asignado a este recurso y a su uso inadecuado en la industria. El precio del agua en la industria es de 1,10 U\$/m³, tarifa que resulta ser muy baja, lo que ocasiona que en las operaciones y procesos productivos no se tomen medidas de ahorro y reutilización del agua.

El comportamiento del consumo facturado de agua para el sector industrial, se ilustra en la Figura 4.6. Desde los años 90 hasta el 2008, el consumo se ha mantenido constante, lo que no necesariamente indica que no haya aumentado ya que la mayoría de las grandes industrias (embotelladoras, cerveceras, azucareras y alimenticias) poseen sus propias baterías de pozos (IANAS, en preparación).

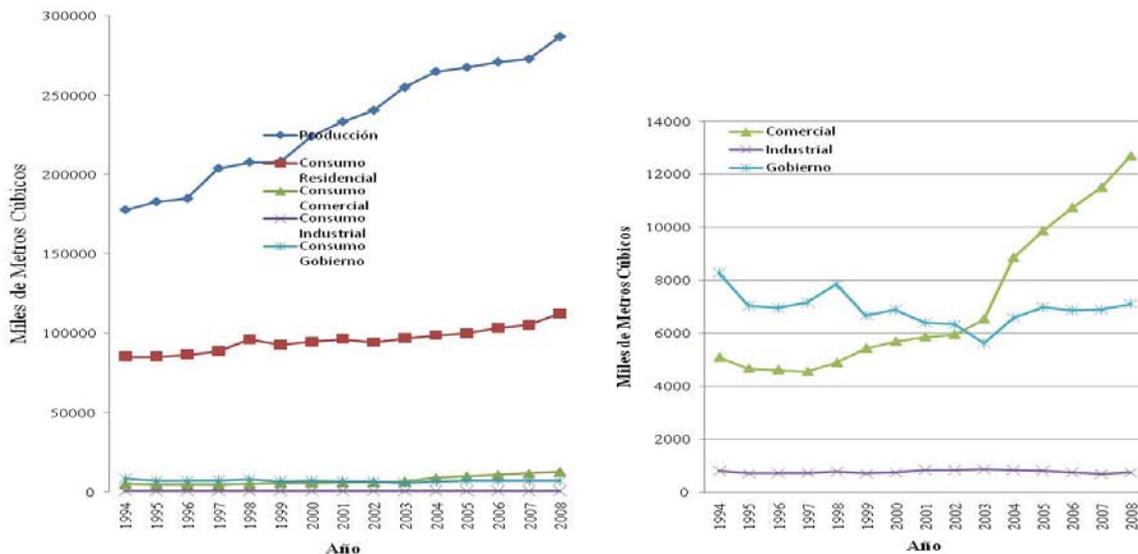


Figura 4.6. Consumo facturado de agua en el sector industrial, FUENTE: BCN. Anuario 2001-2008.

4.4 Uso Agrícola

Históricamente la principal actividad económica del país ha sido la agropecuaria. Los reportes del Banco Central de Nicaragua (BCN) en su anuario 2001-2008 indican que al año 2008, el aporte del sector agricultura, ganadería, silvicultura y pesca representaron el 19.1% del PIB. Dato que indica que las actividades agrícolas, mantienen un lugar importante en la economía del país. El porcentaje de ocupados en la actividad económica de agricultura y pecuaria ha sido registrada con el valor más alto de todas las actividades, oscilando entre 27% a 30% del 2000 al 2008 (Banco Central de Nicaragua, 2009: basado en proyecciones de cifras originales de INIDE, Encuesta de Hogares para la Medición de Empleo, 2005). La ganadería representa del 9% al 10% del PIB Nacional y su actividad ha sido constante en la última década (CONAGAN, 2009).

Es importante destacar que la contribución al PIB disminuyó del 20.1 % en 2006 al 19.1 % en 2008, como resultado de los efectos del Huracán Félix, que causó pérdidas considerables en el sector. El desarrollo de las actividades agrícolas de Nicaragua está estrechamente vinculado a la disponibilidad de agua. Los indígenas practicaban la agricultura de subsistencia y se asentaban a las orillas de fuentes de agua. La época colonial

definió la inserción del país al mercado mundial en el rubro agro exportador, situación que ha prevalecido hasta hoy en día, sin tendencia de cambio. Los mejores suelos fértiles en Nicaragua se localizan en las vertientes del Pacífico donde hay disponibilidad de agua de buena calidad.

4.4.1 Fuente de abastecimiento

La principal fuente de abastecimiento para el riego es el agua subterránea y en menor cuantía el agua superficial, siendo la caña de azúcar, el cultivo que más se riega con agua superficial, empleando presas y canales de riego para un 55,2% del total del área irrigada año 1997 (PARH. 1997).

Al inicio de la década de los 70 se estimaba que el área con infraestructura de riego superaba las 40,000 hectáreas, empleando técnicas de aspersión convencional y gravedad. En el año 1978 el área de riego se extendió a 70,000 hectáreas. A inicios de la década de los 80 el gobierno modernizó los sistemas de riego para convertirlos en aspersión con pivote central automatizado. Debido a cambios de gobierno y conflictos políticos, a principios de los años noventa éstos quedaron en total abandono. A partir de 1993, se documenta una disminución de los sistemas de riego (FAO, 2002), debido principalmente al deterioro de equipos de bombeo por falta de mantenimiento, carencia de asistencia técnica, incremento en la tarifa de energía eléctrica para el sector agrícola y a las frecuentes interrupciones en el suministro de energía (CCO, 1998).

En la última década, los propios agricultores han construido sus sistemas de riego mismo que operan de manera que la empresa distribuidora de agua (ENACAL) no desempeña ningún papel en esta actividad. La Figura 4.7 muestra la evolución histórica del riego.

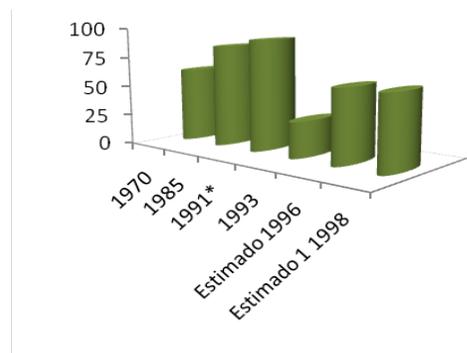


Figura 4.7. Evolución Histórica de la Superficie de Riego, FUENTE: CCO, 1998.

La eficiencia de riego depende del método de irrigación y la fuente de agua. En la Figura 4.8, se puede observar que los sistemas de riego donde se emplea agua subterránea son más eficientes. Por otra parte, la eficiencia se reduce 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 a 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% (CCO, 2001).

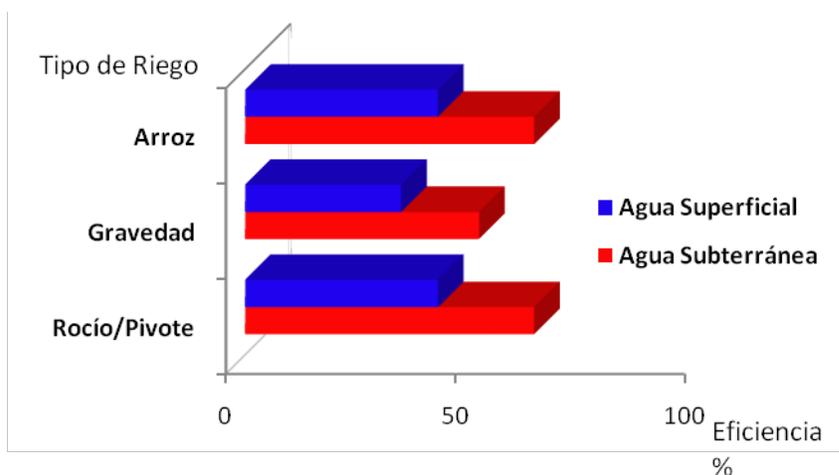


Figura 4.8. Eficiencia en Irrigación por Tipo y Fuente de Agua, FUENTE: Elaboración propia con datos de PARH. 1997.

4.4.2. Demanda

La actividad que demanda mayor cantidad de agua es la agricultura, a través de los sistemas de riego. La agricultura de riego inició en el país la década de los años 50. Su evolución ha dependido de las políticas y estrategias que los diferentes gobiernos han implementado, así como de la prioridad que éstos le han dado a este sub-sector dentro de la actividad agrícola (CCO, 1998) y el mercado mundial. Para su desarrollo se han utilizado los mejores suelos, (zona del Pacífico) del país; seguidos por los de la región Central.

Las principales zonas irrigadas se localizan en el Pacífico, en los departamentos de León y Chinandega (Pacífico Norte), en el perímetro de los lagos, Cocibolca y Xolotlán (Pacífico Centro) y en Nandaime-Rivas (Pacífico Sur). También hay zonas irrigadas en la región Central-Norte, en el Valle de Sébaco y en los municipios de Estelí y Jalapa (CCO, 2001). Los principales cultivos de la actividad agrícola son; café oro, frijol, caña de azúcar, arroz oro, maíz, maní, ajonjolí, tabaco habano y sorgo, que en su mayoría son productos de

exportación. De ellos el riego se emplea principalmente para la caña de azúcar, el arroz, el ajonjolí, el tabaco y el sorgo. El cultivo de maíz y frijol se realiza en época de lluvias. La Tabla 4.3 contiene los principales cultivos del país y los sujetos a riego.

Tabla 4.3. Principales cultivos del país y su valor bruto de producción, FUENTE: BCN, Anuario, 2001-2008)

* sujeto a riego.

Número en importancia de producción	Cultivos Principales de Exportación	Valor Bruto de Producción 2008 (Dólares)
1	Café Oro	969.4
2	Frijoles	647.0
3	Caña de Azúcar*	541.8
4	Arroz *	446.3
5	Maíz	422.0
6	Maní	327.0
7	Ajonjolí *	126.5
8	Tabaco Habano*	92.1
9	Sorgo *	34.9

No se cuenta con un dato exacto de la demanda del recurso agua por el sector agrícola. Algunas instituciones han realizado estimaciones; por ejemplo, el MAGFOR en 1998, reportó una demanda de agua para riego de 1330 Mm³/año (42,17 m³/s) para toda Nicaragua. Actualmente, se estima que el 83% del agua extraída en el país se emplea en la agricultura (CONAGUA y WWC 2006) (Tabla 4.1. Consumo de agua por sector). El Subprograma Desarrollo y Reactivación del Riego para Contribuir a la Seguridad Alimentaria en Nicaragua, ha estimado el consumo de agua para uso agropecuario en 12,701.2 Mm³/año (402,75 m³/s) (Anexo B.8).

En la región del Pacífico aproximadamente el 30% del potencial de agua subterránea y el 15% del agua superficial explotable se usa para irrigación (MAGFOR, 1998). Debido a las características particulares entre las vertientes del Pacífico y del Caribe, la alternativa de usar agua superficial para riego en la zona del Pacífico está referida a la construcción de embalses que demandan altos costos de inversión.

4.4.3 Calidad de agua

Dentro de las limitaciones de calidad que existen para el uso de las aguas subterráneas para riego se menciona el alto contenido de cloruro y sólidos disueltos en zonas de descargas regionales de León-Chinandega. Otra limitante es el ascenso de cloruro de sodio de las aguas profundas a través de fallas y fracturas, fenómeno que ha sido ya observado en algunos pozos de la Península de Chiltepe (Hecht 1996). El peligro de intrusión salina es una amenaza muy seria a lo largo de las costas del Pacífico, en donde ocurre a consecuencia de la fuerte extracción de agua subterránea. El Anexo B.16 muestra los municipios de Nicaragua con acuíferos costeros, donde se presentan o podrían presentarse problemas de intrusión salina. Además, por el uso indiscriminado de agroquímicos en las actividades agrícolas, la calidad de las aguas superficiales ha sido afectada debido a la contaminación por escorrentía. La calidad también se ve afectada por desechos domésticos, industriales, residuos de tenerías; así como también por los efectos secundarios producidos por la ganadería (CCO, 1998). En algunas evaluaciones del sistema de flujo de aguas subterráneas en la Cuenca 64, León-Chinandega, se han observado problemas de sobreexplotación de aguas subterráneas que afectaría aun más la calidad del líquido (ver Sección 6, Cuenca 64).

5. Servicios de Saneamiento

5.1 Situación general y cobertura

En los últimos años los diferentes gobiernos de Nicaragua han realizado esfuerzos en el tema del saneamiento; sin embargo, las condiciones higiénicas de la población Nicaragüense no han mejorado significativamente. Según el Censo del 2005, en Nicaragua sólo el 25% de la población tiene acceso a un sistema de alcantarillado. Tomando una definición más amplia del servicio de saneamiento e incluyendo excusado o letrina las cifras aumentan al 59%, cifras que resultan bajas, si consideramos que la población del país es un poco más de cinco millones de habitantes.

Al igual que para el agua potable, el saneamiento presenta diferencias significativas de cobertura entre la población urbana y la rural; el 43% de la población urbana dispone de inodoro, en tanto que en el área rural sólo un 2.1% posee. Pese a ser mayoritario el uso de

letrina entre la población rural, todavía un 30% de la misma no tiene acceso a ningún tipo de servicio. Esto indica que en Nicaragua existe un porcentaje significativo de la población que practica fecalismo al aire libre, situación que amenaza la salud de los pobladores y contamina el ambiente, afectando directamente las fuentes hídricas del país.

La cobertura de alcantarillado sanitario es menor del 50%, siendo las áreas marginales de los cascos urbanos y las zonas rurales del país las que no poseen este servicio. La disposición de las aguas grises se realiza en lugares no adecuados como en patios, calles, cauces o barrancas. Por medio de esorrentía, una buena parte de las aguas contaminadas terminan drenando a algún cuerpo de agua superficial o bien se infiltran en el suelo.

5.2 Cobertura y situación actual de alcantarillados a nivel de ciudades

Solamente 36 ciudades cuentan con sistemas de alcantarillado, lo que representa un 20% de las cabeceras departamentales y municipales de Nicaragua. Estos sistemas se ubican en los departamentos de Managua, Chinandega, León, Carazo, Granada, Masaya, Rivas, Estelí, Madriz, Nueva Segovia, Boaco, Río San Juan, Jinotega y Matagalpa, con una cobertura promedio del 36% de las viviendas (INEC, 2005). Es importante destacar que los sistemas de alcantarillado sanitario se ubican en las áreas urbanas de las regiones del Pacífico y Central del país mientras que en las regiones del Atlántico existe ausencia completa de estos sistemas, lo que les confiere condiciones de extremo riesgo sanitario y amenaza de contaminación para los recursos hídricos.

Los sistemas de alcantarillado son de tubería de cemento, con pozos de visita construidos de ladrillos. Poseen colectoras principales y secundarios; y el sistema es de tipo separado; es decir, manejan las aguas sanitarias y pluviales en redes diferentes. Debido a la edad del sistema de drenaje y al deficiente mantenimiento, éstos se encuentran en mal estado, con diversos ramales atascados e incomunicados debido a la acumulación de grasas, cuerpos sólidos y sedimentos aportados por los caudales pluviales.

Los sistemas de alcantarillado pluvial presentan una cobertura menor que la del alcantarillado sanitario. Esto ocasiona que las viviendas que cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario, conecten de manera ilegal el drenaje pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, ocasionando que durante eventos de lluvia de gran magnitud,

colapse el sistema de alcantarillado sanitario debido a que el caudal que circula por el mismo rebasa la capacidad de diseño.

5.3 Saneamiento y residuos sólidos.

Sólo un 56 % de los municipios cuenta con un sistema regular de recolección de basura. La cobertura nacional de recolección es del 49%. Además, la mayoría de los municipios dispone de vertederos, pero sólo el 13% cumple requisitos técnicos y sanitarios de funcionamiento (MARENA, 2005). Así, el servicio de recolección de basura es muy bajo en los cascos urbanos de las ciudades y casi inexistente en las áreas rurales. Esto ocasiona que la población emplee prácticas para la eliminación de basura como: la quema, entierro en patios, disposición en botaderos ilegales, cauces, riachuelos, riveras de ríos, costas de lagos, océanos u otros. Todo ello causa que las crecidas de los cauces y ríos arrastren desechos sólidos a cuerpos de aguas superficiales causando un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, en Managua donde se producen cerca de 1200 toneladas por día de basura se usa un vertedero a cielo abierto sin control. El basurero más grande, conocido como “La Chureca” se encuentra en las orillas del Lago Xolótlan y estudios indican que la migración de lixiviados han afectado la calidad del lago y de las aguas subterráneas (Sección 6). En el basurero “La Joya” de Granada, la ciudad más grande situada en las riberas del Lago Cocibolca, los desechos sólidos depositados en una hoya magmática han contaminado los pozos de abastecimiento de Granada y el Lago que se encuentra aguas abajo ya que el área es muy permeable y está atravesada por fallas (Guatemala, 2007).

5.4 Disposición y tratamiento de las aguas servidas

De los 36 sistemas de alcantarillado sanitario en todo el país, 27 de ellos poseen plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que representa una cobertura del 77% de los sistemas de alcantarillado sanitario existentes. Es importante destacar que en Nicaragua 215 ciudades están consideradas como áreas urbanas (Arguello, 2008), de las cuales solamente 27 brindan tratamiento a sus aguas residuales, por lo que la cobertura total de tratamiento de las aguas servidas urbanas es del 12.5 %. Los sistemas de alcantarillado sanitario que no cuentan con una planta de tratamiento, descargan en cuerpos de aguas superficiales (ríos y lagos) contaminando indiscriminadamente los recursos hídricos.

En las zonas rurales no existe sistema de tratamiento alguno; esto se debe a que la política de desarrollo del sector está dirigida más al abastecimiento de agua para consumo humano y la dotación de letrinas que al manejo del agua residual, en especial al manejo de las aguas grises, que en su mayoría fluyen por escorrentía a través de calles, avenidas y cauces.

Al año 2008 el volumen de agua residual doméstica tratada en el país por los diferentes sistemas de tratamiento se estimó en 44,6 Mm³/año (1.41 m³/s). A inicios del presente año entró en operación la planta de tratamiento de aguas residuales más grande de Centroamérica y que se ubica en Managua. Esta posee la capacidad para tratar 66,6 Mm³/año (2.11 m³/s), incrementando con ello la cobertura de tratamiento de aguas residuales urbanas del país a 47.7%. El Anexo B.17 muestra las principales plantas de tratamiento de aguas residuales del país y el caudal tratado por cada una.

Las aguas residuales municipales de los alcantarillados sanitarios contienen aguas grises, aguas negras y, en época de lluvia, aguas pluviales de algunas viviendas conectadas de forma ilegal. Esta situación trae como consecuencias que la composición de las aguas residuales domésticas presente una alta carga orgánica, alta concentración de nutrientes como nitrógeno y fósforo, abundante presencia de patógenos, sedimentos y detritos.

De las 27 plantas depuradoras se emplean lagunas de estabilización en 13 de ellas como método de tratamiento. Además existe 1 sistema integrado por un reactor anaerobio seguido de lagunas facultativas y de laguna de maduración, 6 tanques Imhoff con filtros anaerobios de flujo ascendente, 5 fosa sépticas con filtro anaerobio de flujo ascendente, 1 sistema de fosa séptica con zanja de infiltración y 1 compuesto por sedimentación primaria, filtro biológico por goteo y sedimentación secundaria (Planta de Managua). Los sistemas que se encuentran bien operados, tienen una buena eficiencia de remoción de carga orgánica y sólidos en suspensión pero son ineficaces para remover nutrientes y patógenos; sin embargo, la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas del país, se encuentran en un estado avanzado de deterioro por la falta de mantenimiento, mala operación, así como limitaciones de diseño que van desde un inadecuado dimensionamiento hasta la ausencia de obras preliminares para el pre

tratamiento de los afluentes. Ello ocasiona problemas ambientales graves para los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas tratadas. Un ejemplo, es el caso del Lago de Masaya que por la entrada directa del efluente de la laguna de oxidación del Municipio de Masaya se encuentra en un grado alto de eutrofización.

5.5 Reúso de agua

La reutilización del agua tratada en el país, no es una práctica común; quizás esto se debe a que los sistemas de tratamiento del país han resultado ser poco eficientes para la remoción de patógenos, lo que no facilita su nuevo empleo. En el período 2000-2002 solamente los efluentes de seis sistemas de tratamiento fueron reutilizados en actividades agrícolas, específicamente en plantaciones forestales y cultivos de tallo alto (CEPIS-OPS, 2002). A la fecha se desconoce el porcentaje de reutilización del agua tratada, predominando la disposición final de los efluentes tratados en cuerpos de agua superficiales tales como lagos y ríos.

5.6 Efectos por la falta de depuración

La contaminación por actividades antropogénicas afecta el ecosistema acuático y directamente la salud humana, debido a que se convierte en un elemento que genera enfermedades afectando seriamente la salud y calidad de vida de los seres humanos. Estas enfermedades conocidas como de transmisión hídrica, incluyen principalmente las que afectan el tracto gastrointestinal, causadas por organismos enteropatógenos, cuya principal expresión son las enfermedades diarreicas las cuales están ligadas a millones de muertes infantiles anuales. Se considera que el agua contaminada y la falta de saneamiento constituyen la segunda causa de muerte a nivel mundial (PNUD, 2006); en el año 2006 se registraron en Nicaragua 144,000 casos de muerte por EDA (MINSAL, 2007).

En Nicaragua, durante la temporada lluviosa se presentan brotes de Leptospirosis debido a la contaminación del agua con orina de roedores infestados de *Leptospira*. Otro aspecto no menos importante son aquellas patologías de evolución crónica relacionadas con la contaminación del agua por agroquímicos, principalmente los organoclorados (IANAS, en preparación). Existen también enfermedades causadas por la contaminación de los recursos hídricos por metales pesados tales con mercurio y arsénico (Sección 6).

En lo que respecta a la relación entre la disponibilidad de agua potable y casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), cabe resaltar que todos aquellos departamentos cuya producción porcentual de agua potable es menor, refleja una tasa de morbilidad por EDA en los tres años estudiados, mayor que la tasa de morbilidad por EDA a nivel nacional. Todos los departamentos con una tasa similar o mayor a la tasa nacional de morbilidad por EDA, son los señalados como los departamentos que tienen problemas agudos de abastecimiento de agua según ENACAL y aquellos que tienen poco acceso a agua potable y servicio sanitario (ENDESA, 2007). La Tabla 5.1, muestra la relación existente entre la producción de agua segura o potable y la incidencia de EDA para diferentes años.

Tabla 5.1 Producción porcentual de agua potable por Departamento y tasas de morbilidad por EDA. Tasa x 10,000 Habitantes, FUENTE: ENACAL, 2007 y OPS, 1996

Departamentos	% producción anual agua potable	Tasa Morbilidad EDA. 2005	Tasa Morbilidad EDA. 2006	Tasa Morbilidad EDA. 2007
Boaco	0.9	419.24	360.69	466.03
Carazo	4.0	428.75	396.63	454.12
Chinandega	5.9	195.24	184.6	188.19
Chontales	1.8	243.73	205.4	328.99
Estelí	3.2	506.58	407.75	407.71
Granada	4.3	306.5	199.48	217.91
Jinotega	0.8	355.6	330.97	316.42
León	8.0	240.72	155.93	168.7
Madriz	0.7	437.52	403.76	449.72
Managua	56.7	347.19	262.92	361.49
Masaya	4.6	268.66	219.11	277.26
Matagalpa	3.3	518.49	438.86	448.61
Nva. Segovia	1.8	360.22	315.3	275.46
Río San Juan	0.2	581.81	444.6	442.96
Rivas	2.2	294.66	222.8	245.63
RAAN	0.2	662.49	888.12	919.29
RAAS	0.7	863.10	704.79	863.97
Total	100.0	370.68	315.16	364.1

6. Principales Problemas de Contaminación Hídrica

Se estima que entre 1990 y 2015 la población de Nicaragua incrementará en casi 67% (Vargas, 2007), crecimiento que ocurrirá principalmente en las zonas urbanas (la tasa de urbanización del país es la más alta de Centroamérica con un 50% de población citadina en 2005). Este crecimiento, en sinergia con la deficiente infraestructura sanitaria (tanto para

desechos líquidos como sólidos), la alta densidad poblacional, la pobreza y la ausencia de medidas de ordenamiento territorial ha provocado el deterioro ambiental que se refleja en la calidad del agua.

La deforestación de las cuencas hidrográficas avanza a una velocidad muy rápida. En 1950 Nicaragua tenía 7 millones de hectáreas de bosque las que en 2006 se redujeron a sólo 3.2 millones (Vargas, 2007). El uso de suelo para sistemas agropecuarios ha sido la causa de la deforestación (Figura 6.1) induciendo con ello la erosión de las cuencas hidrográficas y el uso intensivo de plaguicidas. La conversión de los suelos con potencial forestal a pastos para la ganadería extensiva es común en la cuenca del gran Lago Cocibolca donde el suelo para pasto se estima en 75.1% (Vammen et al., 2006).

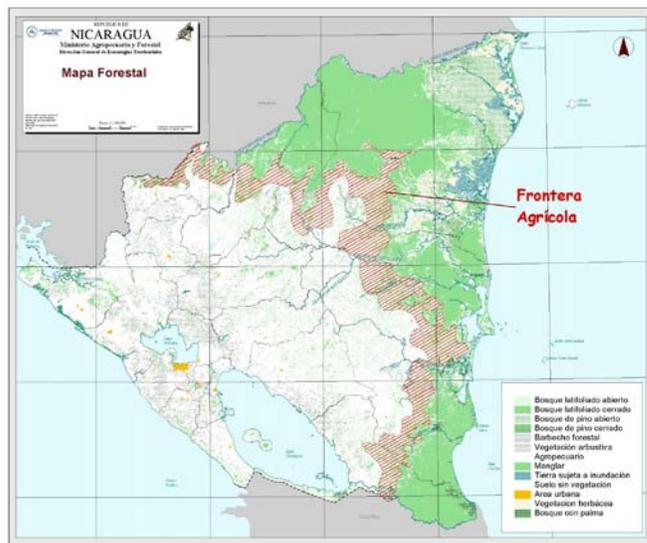


Figura 6.1. Mapa Forestal con Frontera Agrícola
FUENTE: MAG-FOR, 2002

En el año 2000 (Anexo A.5) el área de bosques era de de 56,195km² (43.1% del territorio nacional) de los cuales 48,875 km², es decir el 37.5% del territorio se empleaba para fines agropecuarios. Durante una evaluación del uso de suelo potencial (Anexo A.6) se catalogó el 55.3% para uso forestal mientras que el restante 44.7% se consideró apto para uso agropecuario, del cual el 37,8% del total es apto para fines ganaderos y solamente el 6.9% para uso agrícola (MARENA, 2004), cifras que contrastan con las del uso actual del suelo pero que también han significado la contaminación de las aguas superficiales por

sedimentación y eutrofización y de éstas más las aguas subterráneas por plaguicidas en algunas cuencas. A continuación se presentan algunos de los problemas específicos de contaminación del país.

6.1 Cuenca No. 69, Río San Juan

La Cuenca 69 abarca el Río San Juan y los Grandes Lagos Nicaragüenses: el Lago Xolotlán y el Lago Cocibolca que son parte de los recursos hídricos más importantes de Nicaragua por ser factor clave de desarrollo. Como se mencionó anteriormente, el Lago Cocibolca adicionalmente ha sido declarado como reservorio nacional de agua potable. Su caudal promedio de salida (475 m³/s) al Río San Juan representa un volumen que no es actualmente aprovechado.

6.1.1 Lago Xolotlán

La contaminación del **Lago Xolotlán** (conocido también como Lago de Managua) ha limitado drásticamente el uso de su agua. La ciudad capital de Managua con el 24.2% de la población (1,335,204 habitantes) en 2009 (Anexo B.4) se ubica en la ribera sur. El lago tiene un área de 1,016 km² y una cuenca de 6,668 km² (Hydrobiological Bulletin, 1991). Desde el año 1927, recibe sin tratamiento alguno las aguas negras de Managua, mismas que incluyen aguas residuales industriales, domésticas y pluviales. Además, la región norte y sur de la cuenca han sufrido deforestación por lo que hay un aporte importante de nutrientes y sólidos al lago a causa de la erosión. Actualmente, el agua del lago no puede ser directamente utilizada para consumo humano ni incluido para riego en este último caso por las altas concentraciones de sales (sólidos totales disueltos). Además, la entrada de los desechos líquidos de la ciudad ha creado una situación sanitaria insoportable por los olores y la carga bacteriana que limita cualquier uso, incluido el contacto directo (CIRA/UNAN, 2008). Para promover su recuperación a un nivel de uso clasificado como recreación sin contacto, ENACAL ha instalado una Planta de Tratamiento que fue inaugurada recientemente (2009). Pero, el Lago de Xolotlán no sólo recibe las aguas residuales de la ciudad, sino también contaminantes provenientes del basurero municipal de Managua, conocido como la Chureca. Este se originó de forma espontánea y sin ninguna planificación en 1972, al comenzar el depósito de los escombros de la ciudad producidos durante el terremoto de ese año. Actualmente, el basurero tiene una extensión aproximada de 47 hectáreas y recibe alrededor de 1,200 toneladas de desechos sólidos por día sin

tratamiento previo o separación (CIRA/UNAN, 2009). En el estudio “Evaluación del Impacto de los Lixiviados del Basurero de la Ciudad de Managua, la Chureca, a las Aguas del Lago Xolotlán, al Acuífero Afectado y a la Laguna Acahualinca” se encontró evidencia de la infiltración de lixiviados al subsuelo y de éste movimiento al lago. La presencia de lixiviados en el lago Xolotlán ha provocado contaminación con sustancias orgánicas recalcitrantes y sales, compuestos que complica aún más la recuperación de este cuerpo de agua. El problema es grave, ya que incluso los desechos sólidos llegan a estar directamente dentro del lago cuando el nivel sube durante los meses de alta precipitación. La Alcaldía de Managua a través del proyecto “Desarrollo Integral del Barrio de Acahualinca (Managua)”, en coordinación con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), actualmente están desarrollando una propuesta para aminorar los efectos de los lixiviados tanto en el lago como en las aguas subterráneas. El proyecto incluye el sellado del vertedero, la instalación de una planta de tratamiento para lixiviados y la separación ordenada de los desechos sólidos que llegan al basurero.

6.1.2 Lago Cocibolca

El Lago Cocibolca es el cuerpo de agua superficial más grande de Centroamérica y, a la vez, el lago tropical más grande de las Américas. El lago representa un potencial hídrico muy importante para Nicaragua ya que la calidad de su agua es muy buena y apta para consumo humano. Es importante mencionar que el caudal promedio de agua en el único sitio de salida del Gran Lago Cocibolca, ocurre en San Carlos donde inicia el Río San Juan. El volumen calculado por INETER es de $475 \text{ m}^3/\text{s}$ o $41 \text{ Mm}^3/\text{d}$.

Estudios limnológicos del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN), han revelado una aceleración en el proceso de eutrofización en las últimas décadas; esto ha sido notado por un aumento en la biomasa de fitoplancton, la simplificación estructural del fitoplancton y zooplancton y la dominancia de especies de algas verde-azules, Cyanophyta, que son indicadores de eutrofización. La causa de estos cambios ha sido el aumento en el aporte de macronutrientes por sus tributarios cuyas cuencas se caracterizan por la deforestación y conversión de extensas zonas para pasto de ganadería (Figura 6.2) que han provocado erosión (Vammen, 2006).

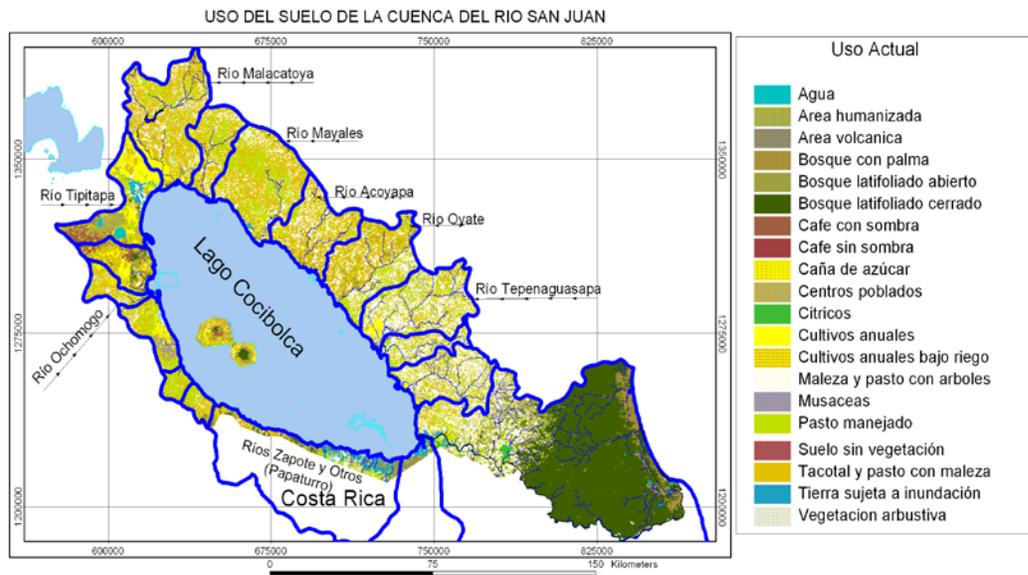


Figura 6.2. Uso de Suelo de la Cuenca del río San Juan. Área del lago Cocibolca.
FUENTE: CIRA/UNAN, Yelba Flores.

La importancia de tomar medidas en la cuenca del lago para prevenir la continuación de la degradación de sus aguas ha sido reconocida en la Ley de Aguas Nacionales, por el gobierno central actual y la Asamblea Nacional que ha promovido el establecimiento de la “Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Cocibolca y el Río San Juan”, Sección 2.

6.3 Cuenca No 64

La Cuenca 64 se ubica en el noroeste de Nicaragua, entre El Volcán Cosigüina y el Río Tamarindo (Figura 3.2). En ella se encuentran los acuíferos más productivos del país ($27.5 \times 10^9 \text{ m}^3$, ONU, 1974). El acuífero tiene un área de $1,300 \text{ km}^2$ y sustenta una población de casi 700,000 habitantes (16% de la población total de Nicaragua). Los suelos agrícolas de la cuenca son de los más extensos y fértiles del país. Las actividades de producción están dominadas por cultivos de agro exportación bajo el sistema de monocultivo y mecanización intensiva. El riego se hace principalmente con agua del acuífero del cual el 74.4% del volumen total que se extrae es destinado a esta actividad (MARENA, 2008). Actualmente, los cultivos bajo riego y principales de agro exportación son caña (65%), maní (29%) y bananos (6%). En estos cultivos se aplica una gran cantidad de agroquímicos. Entre 1950 y 1980 los plaguicidas empleados en su gran mayoría fueron organoclorados de alta

persistencia. Como el acuífero de León-Chinandega es somero y no-confinado, su vulnerabilidad a la contaminación por plaguicidas es muy alta. Tan sólo de 1973 a 1981 se aplicaron 70, 270 toneladas de plaguicidas, 80% de ellas en cultivo de algodón (Briemberg, 1994). Diversos estudios han revelado la presencia de dieldrin, pp-DDT, pp-DDE, pp-DDD, y toxafeno por arriba de la norma de potabilidad en profundidades hasta de 12 metros por bajo del nivel freático en tres sitios de pozos de muestreo ubicados en diferentes campos que históricamente fueron usados para el cultivo de algodón (Delgado, 2003). Estos compuestos también se encontraron en los suelos (Briemberg, 1994; CIRA/UNAN, 1999a; Centro Humboldt, 2001).

Por otra parte, el acuífero de León-Chinandega que posee un sistema más profundo que se recarga en la cordillera mientras que el sistema somero lo hace a partir de la planicie central. Este acuífero profundo es muy vulnerable a cualquier cambio climático y a las condiciones de caudal de los ríos locales. La presencia de agroquímicos en la zona somera del acuífero representa un riesgo al acuífero profundo por el aumento del bombeo de agua o por condiciones de sequía que reduzcan el caudal en los ríos promoviendo un intercambio de agua entre ambos (Delgado, 2003; CIRA/UNAN, 1999b y Calderón, 2003). La evaluación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, indica que ésta aumenta significativamente durante los años lluviosos (MARENA, 2008) y sobre todo durante eventos extremos, como fue el caso del huracán Mitch, debido a las inundaciones que arrastran toda clase de contaminantes del suelo a los pozos. También resultó que el acuífero tiene una alta permeabilidad lo que lo hace muy dinámico. En un análisis de la calidad toxicológica del suelo y el agua de pozos excavados en la zona de Posoltega después del Huracán Mitch, se encontró la presencia de plaguicidas organoclorados en concentraciones por arriba de la norma (EPA) en 8 pozos y organofosforados en 11 (CIRA/UNAN, 1999a).

6.4 Problemas por arsénico

Debido a las formaciones volcánicas en algunas zonas del país existen problemas de contaminación natural del agua subterránea por **arsénico**. Esto ocurre en estructuras mineralizadas o alteradas hidrotermalmente que son fuente primaria de arsénico y que se ubican en los lineamientos tectónicos paralelos al Graben de Nicaragua. La ocurrencia de fallas y fracturas próximas al flujo de agua subterránea son los conductos para que el contaminante entre al acuífero (Altamirano y Bundschuh, 2009). La Figura 6.3 muestra la

ubicación de 7 fuentes de agua potable que resultaron con concentraciones de arsénico arriba de la norma ($>10\mu\text{g l}^{-1}$, OMS) en varias campañas de monitoreo de CIRA/UNAN.

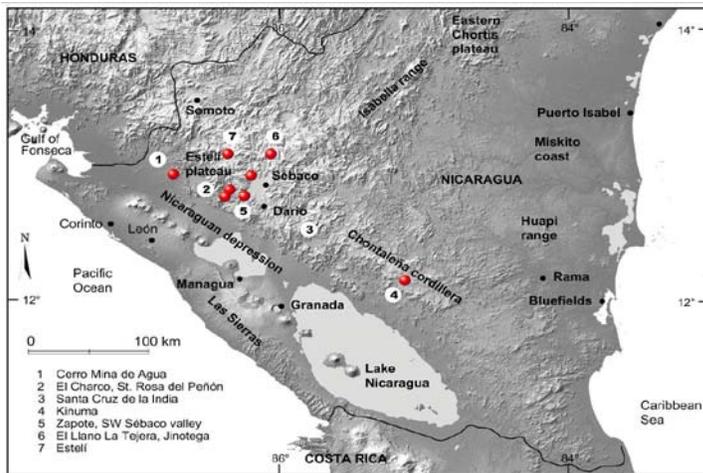


Figura 6.3. Ubicación de 7 fuentes de agua potable con concentraciones de arsénico por arriba de la valor guía ($>10\mu\text{g/L}$, OMS).

FUENTE: Altamirano y Bundschuh, 2009.

En un estudio sobre la incidencia de Arsénico en aguas subterráneas de la región Noroeste y Suroeste de Nicaragua (Estrada, 2002), donde se monitorearon con prioridad las fuentes de agua que abastecen a poblaciones próximas a cuerpos mineralizados y con alteraciones por procesos hidrotermales ubicadas en estructuras tectónicas paralelas a la depresión de Nicaragua, se identificaron cinco áreas anómalas (El Zapote, Santa Rosa del Peñón La Cruz de la India, Susucayán y Rincón de García) con un contenido por arriba de los $10\mu\text{g/L}$. Todos estos pozos se encuentran en comunidades con extrema pobreza.

6.5 Problemas por mercurio

El Mercurio ha sido considerado como uno de los contaminantes que ha causado impactos antropogénicos más serios al ambiente a nivel mundial. En Nicaragua el mercurio se usa en la actividad minera de oro. Su uso no controlado en los procesos de amalgamación y destilación resulta no sólo en contaminación ambiental sino también en la exposición humana al mercurio (Lacerda, 2003; Telmer et al., 2006). El lago de Managua ha sido afectado por residuos líquidos con alto contenido de mercurio provenientes del complejo Hercasa-Elpesa (Pennwalt) que estuvo operando en la costa sur del Lago Xolotlán al oeste de la Ciudad de Managua para producir hipoclorito de sodio y gas cloruro desde 1967 hasta

1992. Aunque la minería de oro ha caído en su producción y representa < 0.8% del PIB de Nicaragua, existen todavía dos grandes empresas mineras activas y tres pequeñas. El empleo de mercurio para amalgamación se concentra en la pequeña minería artesanal de Santo Domingo, Distrito de Coco Mina y Bonanza. Se estima que las emisiones totales de mercurio para Nicaragua en los últimos 100 años ha sido de 40 toneladas (Andre et al., 1997) y que las emisiones anuales recientes son de 60-180 kg (Andre et al., 1997 y Velásquez, 1994).

Un área en la cual ha sido estudiado el impacto por mercurio en los recursos hídricos es el Río Sucio; un río pequeño que históricamente ha sido expuesto a la actividad minera de oro en el municipio de Santo Domingo, Departamento de Chontales. Los mineros artesanales y las cooperativas mineras todavía usan mercurio para enriquecer el oro. Se ha encontrado presencia de mercurio en la fase suspendida del agua de río en concentraciones que fluctúan con el tiempo en correspondencia con la operación de las plantas de procesamiento de oro y la distancia a los sitios de amalgación. Las concentraciones de mercurio encontradas oscilaron entre 0.1µg/L hasta 5µg/L, lo que excede el criterio de la OMS para agua de consumo humano. Se detectó mercurio también en el agua subterránea así como en los sedimentos del río en concentraciones de 10 µg/g a distancias hasta de 2-3km río abajo y valores de 0.1 µg/g a 45km de la fuente de descarga de dos plantas de tratamiento. El riesgo de contaminación del agua potable es bajo ya que la contaminación está limitada al área cercana a las plantas de procesamiento (Picado, 2008).

Las aguas residuales del complejo Hercasa-Elpesa (Pennwalt) con alto contenido de mercurio fueron descargadas en el lago Xolotlán sin ningún tipo de tratamiento. Se ha estimado que este complejo descargó aproximadamente 18,000 kg (40 toneladas) de mercurio (Hg) en el lago, siendo una de sus principales causas de contaminación (Corrales, et al., 1982). Recientemente, se realizó el estudio “Contaminación Ambiental por Mercurio en el Lago Xolotlán, Nicaragua, en Relación a la Evaluación de Riesgo a la Salud Humana” por el Instituto de la Enfermedad de Minamata en Japón y el CIRA/UNAN con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta evaluación incluyó la determinación de mercurio en agua, suelos, sedimentos y su bioacumulación en cabello humano y peces de la microcuenca sur del lago Xolotlán. Los resultados indicaron que en el área monitoreada (terreno de las instalaciones de la fábrica y la zona circundante) se

encuentran suelos y agua subterránea contaminados por mercurio. El fondo de un cauce usado para verter los desechos líquidos al lago también mostró acumulación de mercurio y metil mercurio. Los residentes de la zona que consumen pescado regularmente no mostraron niveles de mercurio en el cabello ni tampoco efectos epidemiológicos visibles. El contenido de mercurio en peces resultó también bajo (Jiménez et al., en preparación; Nicaraguan Research Center for Aquatic Resources, 2007).

6.6 Contaminación en la vertiente del Caribe

El rápido avance de la frontera agrícola hacia la costa Caribe (Figura 6.1), la deforestación acelerada que ocasiona la erosión de los suelos y el uso intensivo de plaguicidas en la agricultura, han generado una creciente preocupación por la contaminación de ecosistemas y el escurrimiento de tóxicos a ríos, lagunas costeras y bancos de pesca situados en las aguas del Mar Caribe. Tomando en cuenta que el 93% de las aguas superficiales se vierten en la costa caribeña de Nicaragua, actualmente se está ejecutando un proyecto de “Monitoreo del Escurrimiento de Plaguicidas al Caribe Nicaragüense” por el CIRA/UNAN bajo la coordinación de MARENA y en el marco del proyecto regional “Colombia, Costa Rica y Nicaragua – Reduciendo el Escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe” (Proyecto RepCar, 2009). Con ello, concretamente se dispondrá de información sobre el escurrimiento e impacto de plaguicidas en la costa caribeña a la salida de tres cuencas: (a) Cuenca N° 45 del Río Coco (Cuenca binacional con Honduras donde se encuentra el sistema hidrográfico del río Coco o Wangki, el más largo del país); (b) Cuenca N° 61 del Río Escondido (en conexión a la laguna costera, Bahía de Bluefields donde recibe residuos de plaguicidas aplicados a cultivos asentados en la parte norte de la cuenca y (c) la Cuenca N° 63 entre Río Escondido y Punta Gorda (se encuentra asentada gran parte de la población de la Región Autónoma Atlántica Sur, RAAS).

7. Identificación de Cuencas Prioritarias y Transfronterizas

La Cuenca 69 (Figura 7.1) es considerada por el gobierno central y local prioritaria, como lo expresa la Ley General de Aguas Nacionales en el Art. 97 (ver Sección 2): “Es responsabilidad del Estado con la participación de los Gobiernos Municipales, Consejos Regionales, Asociaciones de Municipios, Sector Privado, Organizaciones No Gubernamentales y población en general, la protección, conservación y destino de las aguas

del Gran Lago de Nicaragua o Cocibolca.” Esta cuenca es además binacional y comprende 37 municipios de Nicaragua más 7 cantones de Costa Rica. La población total de la cuenca es de 1, 070,000 habitantes, de los cuales 70% son de Nicaragua y 25% de Costa Rica. La densidad de población en la parte Nicaragüense es de 46 hab/km² (Promedio Nacional de Nicaragua – 42.7 hab/km²; Censo Nacional, INEC, 2005) y 55% de esta población vive en áreas rurales (PROCUENCA SANJUAN, 2004^a).



Figura 7.1. La Cuenca 69 de Nicaragua que incluye los dos Grandes Lagos Nicaragüenses y el Río San Juan
FUENTE: Procuencia San Juan, 2004a.

Según datos históricos contenidos en el estudio “Una Estrategia de Riego de las Planicies del Pacífico de Nicaragua” (MIDINRA, 1985) solamente el volumen de agua del Gran Lago de Nicaragua es capaz de irrigar aproximadamente unas 625,000 hectáreas a todo lo largo del Pacífico, entre el nivel del mar y la cota 100. En el año 2007, se estableció “La Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Cocibolca y el Río San Juan” por medio de la Ley 626 para promover la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca 69. El objetivo de la comisión es el coordinar la aplicación de políticas, planes y acciones ambientales y de desarrollo para su protección y conservación, con la participación de Instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales, Municipios, y las

Comunidades Indígenas y campesinas para impulsar planes y medidas que detengan la contaminación en el menor tiempo posible en la Cuenca. El trabajo fundamental de la Comisión es “Elaborar y aprobar el Plan de Acción y Ordenamiento Territorial para la Gestión de la Cuenca” lo que deberá incluir medidas económicas, sociales y ambientales necesarias” (Montenegro, 2009). Por ello, la cuenca 69 cuenta con un alto nivel de organización local conformado en 1998 por la Asociación de Municipios de la Cuenca del Gran Lago (AMUGRAN), integrada por los alcaldes de los municipios ubicados en la cuenca del Lago Cocibolca y el Río San Juan y que luego se transformó en la Asociación de Municipios de la Cuenca del Río San Juan (AMUCRISANJ). Uno de los logros relevantes de dicha asociación fue el definir los usos del lago tomando en cuenta su compatibilidad entre sí, su impacto al ambiente, el desarrollo social y el bienestar económico de los habitantes. Para ello se definieron los siguientes usos: a) Agua Potable b) Irrigación de Cultivos c) Pesca artesanal y deportiva d) Foso de diversidad biológica y e) Turismo, (AMUGRAN, 2002).

Una de las cuencas que ha priorizado el MARENA dentro del Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Agua y Saneamiento (PIMCHAS) es la cuenca norte del lago Xolotlán, específicamente la subcuenca del Río Viejo ubicada en la parte más alta de la Cuenca 69 y que desagua en este lago. La población de los municipios de esta subcuenca vive en niveles de pobreza categorizados de media a alta. Los suelos han sido fuertemente erosionados por el uso inadecuado (deforestación), y los territorios están en una zona con relativamente bajas precipitaciones y poca disponibilidad de agua subterránea. El proyecto tiene los objetivos de “proteger la calidad y la cantidad de agua de la quebrada para uso humano y animal, reducir erosión y sedimentación, reducir inundaciones en la parte baja al crear un filtro contra las escorrentías generadas por el agua de lluvia, disminuir la presión sobre el bosque, mejorar los sistemas de producción agropecuarios (agrícolas y ganaderos), aumentar cobertura de agua potable y saneamiento y educación ambiental”, (PIMCHAS, MARENA, 2009).

Tomando en cuenta que la **Cuenca 69** es transfronteriza, los Gobiernos de Costa Rica y Nicaragua acordaron en 1999 preparar un Proyecto para formular el Plan Estratégico de Acción (PEA). En los años 2001 a 2004, se formuló el Programa de Acciones Estratégicas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y el Desarrollo Sostenible de la Cuenca

del Río San Juan y su Zona Costera (PROCUENCA) y se estableció el Plan Estratégico de Acción (PEA) coordinado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua (MARENA) y el Ministerio del Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE) y cuyo objetivo es garantizar la disponibilidad de los bienes y servicios que prestan los recursos hídricos para el mantenimiento de los ecosistemas naturales y del desarrollo socioeconómico, a fin de satisfacer las demandas presentes y futuras, en consenso con todos los interesados. Entre los problemas por atender en el PEA se definieron:

- **Acelerada degradación de los ecosistemas transfronterizos** que incluyen servicios inadecuados de saneamiento urbanos, industriales y agroindustriales; agricultura migratoria, producción ganadera extensiva y la consecuente expansión de la frontera agrícola; producción forestal con tala generalizada; ecoturismo sin regulación; producción agrícola no conservacionista; introducción de especies exóticas agresivas, tales como la *Tilapia mossambica* e incendios no controlados en los bosques más secos y en las praderas.
- **Sobreexplotación de valiosos recursos naturales** derivado del mal uso de los suelos en la agricultura de ladera y humedales.
- **Contaminación de cuerpos de agua** (Lago Cocibolca y el río San Juan) por prácticas de agricultura intensiva y por los desechos agroindustriales, industriales y domésticos urbanos.
- **Degradación de los suelos y creciente sedimentación.**
- **Alta vulnerabilidad a los peligros naturales.** (PROCUENCA, 2004b)

Actualmente la implementación de las actividades del PEA todavía no han sido financiadas, aunque existe voluntad declarada por ambos Gobiernos para agilizar el proceso y lograr obtener fondos (Montenegro, 2009). Pero la falta de ejecución ocasionó que en el año 2008 se iniciara un conflicto transfronterizo en la Cuenca a causa del Proyecto Minero Crucitas (PMC). Este proyecto, ubicado en el cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, contempla la explotación de una mina de oro a cielo abierto, en Costa Rica en la zona fronteriza con Nicaragua, y amenaza con contaminar la zona y el Río San Juan. El Proyecto explotará más de trescientas hectáreas en los Cerros, La Fortuna y Botija que están categorizados como bosque primario y secundario. La empresa espera explotar un

millón de onzas de oro en roca dura de un tajo a cielo abierto de 85 metros de profundidad. (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente, 2008). Hasta el momento no se ha realizado una evaluación del estudio de impacto ambiental y social y los planes de manejo que abarca la zona afectada en los **dos** países y **el Río San Juan** por parte de técnicos independientes con amplia experiencia en la evaluación de proyectos mineros similares.

La Cuenca 64 ubicada en la vertiente del Pacífico es otra cuenca crítica. Se caracteriza por tener una alta productividad, con suelos fértiles con dominancia de uso para la agricultura debido y un alto potencial acuífero calculado en 1417.54 Mm³ por año (4.5 m³/s). Los problemas principales de la cuenca que han sido identificados son:

- a) en periodos de sequía problemas de abastecimiento por la reducción del volumen de producción del acuífero. La deforestación y el deterioro de los recursos naturales, principalmente el suelo, han causado la reducción en la infiltración del agua, disminuyendo la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea;
- b) la alta vulnerabilidad de los recursos hídricos y de la agricultura ante eventos naturales como sequías o inundaciones por eventos extremos;
- c) la limitación del uso del agua por contaminación con plaguicidas y desechos sólidos y líquidos.

La alta vulnerabilidad de la cuenca 64 “se refleja en el aumento de la frecuencia de sequías por el fenómeno de El Niño en los últimos 30 años, y las cuantiosas pérdidas económicas por huracanes como el Mitch, que totalizaron US \$1,200 millones aproximadamente”, (MARENA, 2008). Con el aumento en los periodos de sequía pronosticada por el cambio climático en esta cuenca, se espera que los problemas se acentúen y por tanto se ha puesto prioridad a las medidas de adaptación en un Proyecto denominado “Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de los Sistemas Recursos Hídricos y Agricultura en la Cuenca 64” por parte de MARENA, Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (ONDL) en el que han propuesto una estrategia específica local de adaptación ante el cambio climático. Algunas de las estrategias que se plantean en este proyecto son:

- Actualizar la evaluación hidrogeológica del acuífero León – Chinandega.

- Realizar un manejo integral de la cuenca que incluya un programa de reforestación en la parte alta, el involucramiento de los grandes productores principalmente (cañeros, bananeros y maniceros), la planificación y construcción de obras de conservación de suelos, establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles y el pago por servicios ambientales.
- Cosecha de agua mediante la construcción de sistemas de almacenamiento, aumentar la cobertura vegetal y mejorar la infiltración del agua de lluvia.
- Uso eficiente de agua en riego.
- Control y regulación de aguas servidas provenientes de las industrias y del sector doméstico, incluyendo el manejo adecuado de desechos sólidos.

El problema del uso de agroquímicos se trata en las líneas de acciones para la Agricultura recomendando una regulación más rigurosa en el “uso de químicos en la agricultura” y la implementación de buenas prácticas agrícolas que limita su uso. (MARENA, 2008).

Entre las iniciativas que ya han sido puestas en práctica en la cuenca, se encuentran: (a) la implementación de sistemas más eficientes de riego por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) para los cultivos de maíz, sorgo, horticultura y caña de azúcar con mediante riego por goteo y micro aspersión; b) El Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC, 2006), que ha recuperado fuentes de agua en la **Cuenca 64** específicamente en San Pedro del Norte, mediante tecnologías de conservación de suelos y agua (CSA) y el Pago por Servicios Ambientales (PSA).

El proyecto, actualmente en ejecución en Nicaragua denominado “Colombia, Costa Rica y Nicaragua – Reduciendo el Esguerrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe” (Proyecto RepCar, 2009), cuyo objetivo es mitigar la degradación del ambiente marino debido a la presencia de plaguicidas utilizados en estos tres países de la región está en el proceso de establecer proyectos demostrativos en las cuencas prioritizadas (45, 61 y 63) enfocados en la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y Mejor Manejo de Plaguicidas en parcelas con cultivos prioritizados.

8. Cambio Climático y Efectos en los Recursos Hídricos

8.1 Aspectos institucionales

Mediante la ratificación del Decreto no.50-95 por la Asamblea Nacional, Nicaragua se adhirió en 1995 a la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CCMNUCC). Para implementar la Agenda de la Convención, el país creó la Comisión Nacional de Cambio Climático en 2002 (La Gaceta, 2002) y la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio (ONDL) como parte del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA). La ONDL tiene entre sus funciones la de coordinarse con las entidades vinculadas con el tema del Cambio Climático así como “contribuir a la mitigación del mismo mediante inversiones ambientalmente sostenibles a través de proyectos u otros instrumentos, utilizando los mecanismos internacionales provistos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.” En junio del 2001 la ONDL presentó ante la CCMNUCC la “Primera Comunicación Nacional”. La ONDL ha participado en iniciativas regionales, como la de la “Formación de Capacidades de Adaptación al Cambio Climático en América Central México y Cuba” por medio de la cual se realizó un proyecto piloto para la cuenca No. 64 (sección 6 de este documento) donde se elaboró la “Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de los Sistemas de Recursos Hídricos y Agricultura para la Cuenca No. 64” (MARENA, 2008).

El primero de Julio del 2009, MARENA presentó **la Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático** la cual incluye estrategias locales de mitigación para el sector agropecuario de los departamentos de Boaco y Chontales, así como estrategias de adaptación para el sector cafetalero y la seguridad alimentaria en los municipios de Jinotega y Matagalpa. En esta Segunda Comunicación, el gobierno enfatizó la consolidación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático de cara a los lineamientos regionales firmados en la cumbre de presidentes Centroamericanos celebrada en mayo en la ciudad de San Pedro Sula, Honduras.

8.2 Efectos del cambio climático

Diferentes estudios (MARENA, 2005, 2007, 2008a,b,c, 2009; González, 2006; MARENA, PNUD, 2000; CATHALAC, PNUD, GEF, 2008; CEPAL, GTZ, 2009; CEPAL, 1999) señalan tres efectos principales por el cambio climático en Nicaragua:

- 1) El aumento de la temperatura atmosférica y el cambio en el régimen y la cantidad de precipitación pluvial causando con ello períodos de sequías en zonas específicas del país por disminución del nivel freático y de la escorrentía del sistema hídrico superficial;
- 2) El aumento de las amenazas naturales a causa de huracanes, precipitaciones intensas, inundaciones, frecuencia y duración de sequías, incendios y olas de calor con afectaciones también en los recursos hídricos tanto en cantidad como en calidad; y,
- 3) La elevación del nivel del mar especialmente en la costa Atlántica donde se espera que surjan zonas más propensas a inundaciones y se incremente erosión de las áreas costeras e intrusión salina.

También todos estos estudios enfatizan que a los impactos negativos debido al cambio climático hay que aunar los derivados de la degradación ambiental antropogénica existentes en cuencas hidrográficas por el inadecuado aprovechamiento del recurso, la distribución de la demanda de agua en relación con la del recurso y las actividades económicas. Factores que han impactado todos ellos el sistema hídrico en cantidad y calidad; como se ha descrito en este documento.

8.2.1 Modificación de la de temperatura y de los regímenes de precipitación

Según las proyecciones de temperatura, debido al cambio climático (CATHALAC, PNUD, GEF, 2008) se espera un incremento de 1° C a 2° C en las primeras décadas de este siglo (2020-50), con aumentos de hasta 3 a 4° C para finales del mismo. Se espera que el calentamiento sea menor en la Costa Caribe que en la del Pacífico, específicamente entre Guatemala y la región de la Mosquitia, ubicada entre Honduras y Nicaragua. En cuanto a la precipitación pluvial se proyecta un decremento en la mayor parte de Centroamérica con niveles superiores en Nicaragua, del orden del -40%, (MARENA, 2009).

En la “Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático” y aplicando el Sistema de Modelación Regional PRECIS, se obtuvieron resultados de mayor detalle para el país. Estas proyecciones muestran un clima más cálido (Anexo A.7) en donde el rango de variación de temperatura entre el mínimo y el máximo se estrecha en la zona del Pacífico. En cuanto a la precipitación se observa una disminución en la región Atlántica; en tanto que es un posible aumento de la misma para la zona sur de Nicaragua en la zona compartida con Costa Rica y Panamá. Según la Síntesis Regional, Fomento de las Capacidades para la Etapa I de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, “los aumentos en la temperatura media para las próximas décadas podrían ser mayores hacia las latitudes subtropicales. A nivel **Centroamericano, la costa del Pacífico**, cerca de Guatemala, El Salvador y **Nicaragua**, se observa que los aumentos podrían ser mayores”. La región del Pacífico de Nicaragua ha sido identificada como la región con más alta vulnerabilidad por la escasez de agua aun bajo un escenario optimista, debido a la disminución esperada en la cantidad de lluvias para el año 2030 y a la alta vulnerabilidad asociada con la tasa de crecimiento poblacional, la presencia de una agricultura intensiva y el deterioro ambiental. La región Centro-Norte aparece con una vulnerabilidad moderada.

En cuanto a la calidad del agua, se espera un mayor deterioro por contaminación con agroquímicos ante una agricultura más intensiva y la descarga de desechos líquidos sin tratar. (MARENA, 2001). Ante este escenario, el manto freático de la cuenca del Pacífico se considera muy vulnerable al estar ya bajo presión por las actividades intensivas agropecuarias, la industria, la falta de tratamiento de aguas residuales y la intrusión salina en zonas costeras. La región central del país se considera con un nivel medio de vulnerabilidad a causa de la agricultura y deforestación.

En términos de la variabilidad de la precipitación, se proyecta una reducción en los meses de julio y agosto que corresponden justamente con el periodo canicular (MARENA, 2009). Esta situación en conjunción con la necesidad de ampliar las áreas de riego debido a la reducción de lluvia, el incremento en la población, y el aumento en la cantidad de industrias y la agricultura causará el abatimiento del nivel freático y con ello una mayor demanda de bombeo. Los diferentes escenarios de modelaje de recarga del acuífero en años de sequía indican que la vulnerabilidad es muy alta, ya que se reduce su potencial en casi un 50%,

quedando por debajo del nivel seguro de explotación. Este es un indicador de riesgo futuro muy importante, sobre todo bajo situaciones de prolongadas sequías asociadas al cambio climático (MARENA, 2005). Por otra parte, como se explicó en la sección 6, los bajos niveles freáticos junto con la reducción de los caudales en los ríos de alimentación promueven una mayor contaminación del agua subterránea.

Por otra parte, en el acuífero León-Chinandega ubicado en la cuenca 64 se proyecta una escasez de agua, en términos de la infraestructura existente a partir del 2015, lo que preocupa ya que como se señaló en la sección 6 este acuífero es la principal fuente de agua para todos los usos (doméstico, riego, industrial, y municipal). Además, es de esperar que las comunidades rurales más pobres y en particular la de los pequeños productores resulten más afectadas en estas circunstancias. (MARENA, 2008) ya que dependen de pozos individuales someros autoexplotados. Como consecuencia de la falta de agua, se incrementará la vulnerabilidad de la población por el alto riesgo de enfermedades de origen hídrico y la desnutrición al haber escasez de alimentos, baja producción de granos y proliferación de plagas.

Según estudios del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Anexo A.2) las zonas más expuestas a sequías son las del Pacífico Occidental (Chinandega), algunos municipios de la región Central (Chontales). En la región Norte, la zona más afectada se ubica entre las Cordilleras de Dipilto, Jalapa e Isabelia y las Sierras de Tepesomoto. (Anexo A.2) (INETER, 2000).

Es importante enfatizar que Nicaragua ha sido sometida a un proceso acelerado de deforestación. En la última década, se ha observado una reducción de 70, 000 ha/año (5, 539,000 ha de bosque en 2000 que pasaron a 5, 189,000 en el 2005). En el Anexo A.8 se compara el mapa forestal de 1980 con el del 2000. La deforestación ha ocasionado el incremento de escorrentía y la reducción de la infiltración lo que impacta negativamente la calidad de los cuerpos de agua superficiales por erosión y arrastre de sedimentos (CIRA/UNAN, 2008; Vammen, 2006), agroquímicos y heces humanas y de animales.

8.2.2 Eventos extremos

Los eventos extremos – sequías e inundaciones- golpean más a los sectores más pobres y vulnerables de la población, afectan esfuerzos realizados por los gobiernos para el desarrollo de las zonas y ocasionan deterioro ambiental que modifican las condiciones de los recursos hídricos.

En la última década, se ha observado en la región el aumento de la frecuencia y magnitud de los fenómenos del Niño y La Niña, que se asocian con sequías e inundaciones, respectivamente. Por una parte, el fenómeno de La Niña se relaciona con tormentas y huracanes tropicales y trae consigo una alta incidencia de precipitaciones y la generación de huracanes. Recientemente ha habido siete huracanes potentes que han provocado inundaciones y serios daños económicos y sociales en Nicaragua y en países vecinos. Dichos huracanes son Fifi (1974), Alleta (1982), Joan (1988), César (1996), Mitch (1998), Keith (2000) y Félix (2006). La Costa Caribeña de Nicaragua se ubica en la trayectoria de los huracanes de la Cuenca No. 3 (Golfo de México, Mar Caribe y Atlántico). En promedio se registran 9.6 tormentas anuales. Adicionalmente, existe la probabilidad (6%) de la incidencia directa de huracanes en la zona de Bluefields y en 36% en la zona de Cabo Gracias a Dios en el norte de Nicaragua, en la frontera con Honduras. Ello implica una vulnerabilidad alta por eventos extremos en las Regiones Autónomas del Atlántico Norte y Sur de Nicaragua (MARENA, 2009). A pesar de ser la región con más disponibilidad de agua, existe un riesgo alto para la salud ya que la cantidad de usuarios sin servicio de agua potable y con bajos índices de desarrollo humano es muy alto (Región Autónoma Atlántica Norte - 64% y Región Autónoma Atlántico Sur - 89% **sin** cobertura) .

Por otra parte, El Niño provoca eventos cálidos y sequías como las ocurridas en los años 1972, 1976-77, 1991, 1992, 1994 y 1997 (MARENA, 2008). En condiciones de sequía postrera (agosto-diciembre), se incrementa el potencial de incendios forestales que destruyen la estructura y fertilidad de los suelos, dejándolos más susceptibles a la erosión hídrica. Se ha registrado un rango de 1801 a 4160 puntos de calor entre 2004 y 2007 en todo el territorio nacional (SINIA, 2008) concentrados éstos en las zonas que corresponden a uso agropecuario. Las regiones del Atlántico y Río San Juan son las más afectadas por incendios forestales (MARENA, 2001).

Las inundaciones se generan por la acumulación del escurrimiento superficial de precipitaciones fuertes en los ríos que se desbordan hasta las planicies de inundación. Las áreas más susceptibles a inundación en Nicaragua se localizan en la Región Atlántica y en menor escala en las áreas planas y bajas de la depresión nicaragüense, zonas costeras de los lagos Xolotlán y Cocibolca localizadas en la Región del Pacífico (MARENA, 2008). Las lluvias torrenciales además pueden afectar la infraestructura encargada de la recolección y distribución del agua potable, lo que propicia la aparición de enfermedades diarreicas de transmisión hídrica. Los impactos de los huracanes, como fue el caso del Mitch, generan contaminación de aguas superficiales y los pozos en zonas de inundación, que además en áreas de deslave de zonas agrícolas resultan afectados por el arrastre de masivo suelos que han acumulado plaguicidas (CIRA/UNAN, 1999a). También las aguas de las inundaciones pueden llevar toda clase de sustancias contaminantes, impactando los acuíferos con alta permeabilidad y poca profundidad como ocurrió en León-Chinandega por el paso del Huracán Mitch. El sector rural es muy vulnerable a estos eventos extremos, ya que lo conforman comunidades cuyas fuentes de agua para uso doméstico son pozos comunitarios excavados a poca profundidad, sin sellos sanitarios y medidas de protección.

Las altas precipitaciones también generan un aumento de la erosión hídrica especialmente en las zonas altas y como consecuencia promueven la sedimentación de los ríos y cuerpos receptores como los lagos y lagunas costeras. Por ejemplo, por el arrastre de sedimentos provocado por el Huracán Mitch se cambió por completo las características del fondo del Lago Xolotlán (CIRA/UNAN, 2007); también, se modificaron el curso y lechos de ríos (CEPAL, 1999) y se ampliaron los cauces. La sedimentación también afecta el fondo de los estuarios, playas y arrecifes en las costas. La erosión de cuencas hidrográficas acelera los procesos de eutrofización de los cuerpos de agua superficiales como ocurrió en el Lago Xolotlán luego del evento extremo del Huracán Mitch.

Una evaluación realizada por CEPAL, 1999, muestra que la afectación del Huracán Mitch implicó para el sector social - 27% de pérdidas de vivienda y vidas humanas, infraestructura, - 34% en **obras de captación de agua**, centros de salud, carreteras, etc., y los sectores productivos; el - 37% restante corresponde al **daño ambiental**. En términos

económicos sólo el daño en el sector agrícola representó 98.5 millones de dólares en 1998-1999.

Los ríos que drenan en la costa Caribeña de Nicaragua tienen un largo recorrido y sus tramos medio y bajo se ubican en terrenos de topografía llana por lo que están expuestos a inundaciones que afectan tanto a la población como a la infraestructura. Nicaragua carece de un sistema de detección de eventos climáticos que cubra todas las cuencas hidrográficas del país. Solamente 10 de las 21 cuencas tienen un sistema hidrométrico y 2 están dotadas de Sistemas de Pronóstico de Inundaciones; es decir, 11 cuencas carecen de monitoreo o posibilidades para detectar los fenómenos hidrometeorológicos justamente en los ríos de costa caribeña como son los ríos Coco, Prinzapolka, Wawa, Grande de Matagalpa, Punta Gorda, San Juan y Escondido. El desarrollo de un sistema de información que posibilite la alerta temprana por riesgos actuales y futuros ante el cambio climático es esencial (Recomendación de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, MARENA, 2009).

8.2.3 Elevación del Nivel del Mar

Se ha proyectado una elevación del nivel medio del mar que podría llegar hasta 35 cm en el presente siglo (IPCC, 2007). El Anexo A.9, las Áreas de Inundación por Elevación del Nivel del Mar, muestra que la costa caribeña de Nicaragua sería la región más afectada. Esto significaría que la zona sería más propensa a inundaciones, erosión costera e intrusión salina. Además se afectarían los sistemas de humedales que actualmente cubren ~90% del litoral. Según el Anexo B.16, la posible salinización de las fuentes de agua de consumo se estima en 5 municipios con una población de 145,328 habitantes que representan el 17% de la población de la región del Caribe de Nicaragua. El aumento en el nivel medio del mar en conjunción con la alta vulnerabilidad por ocurrencias de huracanes justifica la preocupación por “mareas de tempestades más intensas que afecten una mayor extensión de las áreas costeras.” (MARENA, 2009.)

Las consecuencias del cambio climático constituyen una amenaza latente para el desarrollo humano en Nicaragua. Existe un círculo vicioso de empobrecimiento que involucra “la pobreza rural actual, el deterioro progresivo de los recursos naturales renovables y la

vulnerabilidad ante el cambio climático”. Se ha analizado que el 65% (Banco Central, 2008) de los hogares Nicaragüenses son pobres con ingresos diarios de menos de dos dólares. La planificación de la adaptación al cambio climático desde las instancias correspondientes, es urgente para evitar que se agudice la alta vulnerabilidad ante los impactos esperados (PNUD, 2007-2008). La riqueza que representan los recursos hídricos para Nicaragua significa un beneficio que podría formar un pilar importante para el desarrollo del país; por lo tanto es de suma urgencia la protección y la gestión integrada de estos recursos, tomando en consideración los posibles impactos debidos al cambio climático.

9. Tendencias del Sector de los Recursos Hídricos con respecto al Cambio Climático

Los estudios sobre la comparación de la demanda y la disponibilidad de agua en las cuencas de Nicaragua (Figura 4.1) muestran que los impactos del cambio climático pueden conducir a una alta vulnerabilidad en la Región del Pacífico. Es en esta región donde se ubica la mayor parte de la población (54% del total), las ciudades más grandes, el mayor desarrollo industrial y agrícola lo que aunado a la dependencia total del agua subterránea y la proyección de la disminución de recarga por los cambios de temperatura y precipitación crean una situación de alta presión en el recurso hídrico subterráneo. Se ha estimado que en la cuenca 64 de esta región, el cambio climático empieza a ser la principal causa de riesgo para el año 2015 (MARENA, 2009) . Se esperan condiciones de escasez que impacten el bienestar de la población y reduzcan la posibilidad de desarrollo económico en la región. Además, el incremento de la población en la zona del Pacífico de Nicaragua, podría causar un desequilibrio en la oferta y demanda de agua potable como producto del cambio de clima, afectando especialmente a los grupos más vulnerables de la Cuenca 64, como adultos mayores, niños, pequeños productores y la población rural (MARENA, 2009).

En la región central de Nicaragua, la demanda más importante de agua proviene de los sectores agrícola y energético. Se ha determinado que la vulnerabilidad del recurso hídrico es de nivel medio debido a la agricultura y a la deforestación (González, 2006; MARENA 2001). La diferencia de vulnerabilidad con la región del Pacífico se explica también por la

diferencia en la densidad poblacional (29.8 habitantes por km² en la Región Central vs 103.3 habitantes por km² en la del Pacífico).

En contraste, el mantenimiento de los ecosistemas es la demanda más grande de agua en la región Atlántica. Como se mencionó, la región tiene una baja densidad de población (9.3 habitantes por km²) y una mayor dispersión de los núcleos poblacionales. Es importante destacar que en términos de cantidad no existe vulnerabilidad por escasez ya que el escurrimiento de la mayoría de las cuencas hidrográficas de Nicaragua ocurre por esta región; pero es importante enfatizar que la región posee deficiencias muy marcadas de cobertura de agua potable.

A nivel nacional, de los usos del suelo analizados, los bosques son los más importantes en la generación de servicios ecosistémicos para el sector agua potable (González, 2006). Se ha estimado que aproximadamente 37,804 km² de bosques y 1,722 km² de sistemas agroforestales son de alta prioridad para el sector; estas zonas están ubicadas principalmente en la región Centro-Norte y Pacífico, que corresponden con las zonas de más alta densidad poblacional. Los sistemas agroforestales están localizados en la región Centro-Norte, que se corresponden con las zonas de producción de café más importante del país. (Anexo A.10 y A.11).

Como fue ya señalado el Lago Cocibolca fue declarado como reservorio de agua potable de Nicaragua. Existen proyectos a pequeña escala para el aprovechamiento de su agua para la ciudad de Juigalpa (54 587 habitantes) y los municipios de San Juan del Sur (15 523) y Cárdenas (7 361), todos ubicados en zonas cercanas al lago. Aun cuando la calidad actual del agua es adecuada para el abastecimiento de consumo humano, es urgente introducir programas de gestión integrada en todas las subcuencas del Lago para evitar la erosión y reducir la entrada de nutrientes, controlar el uso de plaguicidas y avanzar en la introducción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en los 30 municipios de la cuenca. Ello por que ya se ha detectado una aceleración en el proceso de eutrofización de este cuerpo de agua (sección 6). También, el monitoreo de la calidad de agua es esencial para entender mejor las causas de su degradación y poder definir las zonas críticas. Como ejemplo, el municipio mas grande del Lago, Granada, ha iniciado el diseño final para la

instalación de un nuevo sistema de alcantarillado y mejoramiento de la Laguna de Oxidación del municipio.

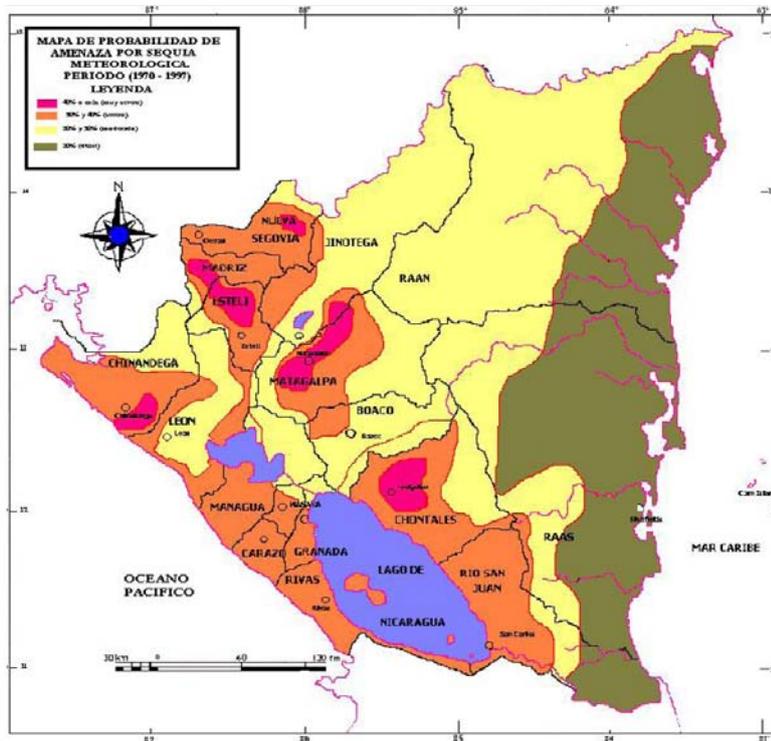
El uso del lago a nivel nacional para el servicio de agua potable implica grandes inversiones que a su vez obligan a la introducción de una infraestructura especial o específica para la región del Pacífico, para la captación y el tratamiento del agua superficial, su transporte y la protección de la calidad de agua en su cuenca hidrográfica. Se menciona que hay poca experiencia técnica para el aprovechamiento de aguas superficiales en Nicaragua ya que el uso de aguas subterráneas ha sido la forma dominante para el abastecimiento; por tanto hay que tomar en cuenta la inversión necesaria para la capacitación de recursos humanos responsables para el diseño y operación de estos sistemas.

Las tendencias de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos de Nicaragua, considerando proyecciones optimistas y pesimistas, significan la necesidad de realizar cambios rápidos en la gobernanza de este recurso. La planificación y aplicación de nuevos programas de adaptación requieren la formación de profesionales con más capacidad de investigación en las ciencias del agua y en la gestión integrada de cuencas, además del reforzamiento y la aplicación de las capacidades técnicas. Hace falta contar con información con mayor detalle sobre las fuentes de aguas subterráneas en las tres regiones del país para introducir obras de recarga del acuífero y para comprender los procesos de degradación de los cuerpos superficiales y de todo el sistema hidrológico. Asimismo, es importante contar con un instrumento institucional para guiar este proceso como lo plantea la Ley de Agua, a través de la creación de la Autoridad Nacional de Agua.

Anexos A



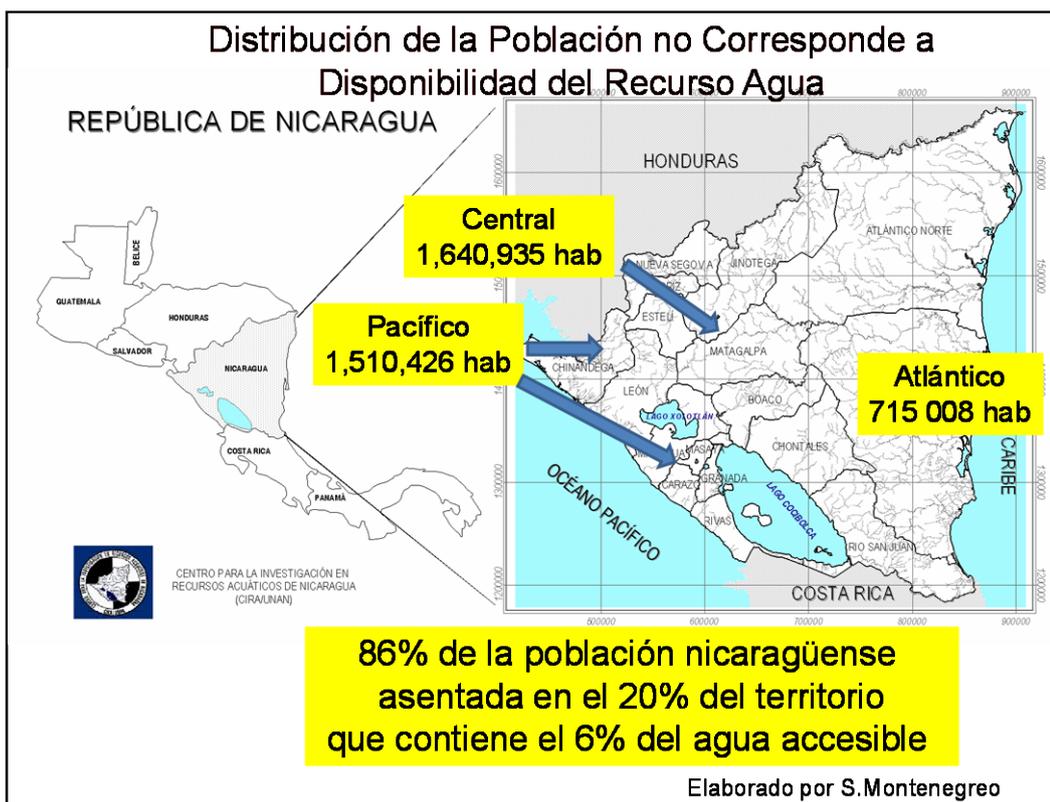
Anexo A.1. Mapa Municipal de Nicaragua,
FUENTE: Elaboración propia.



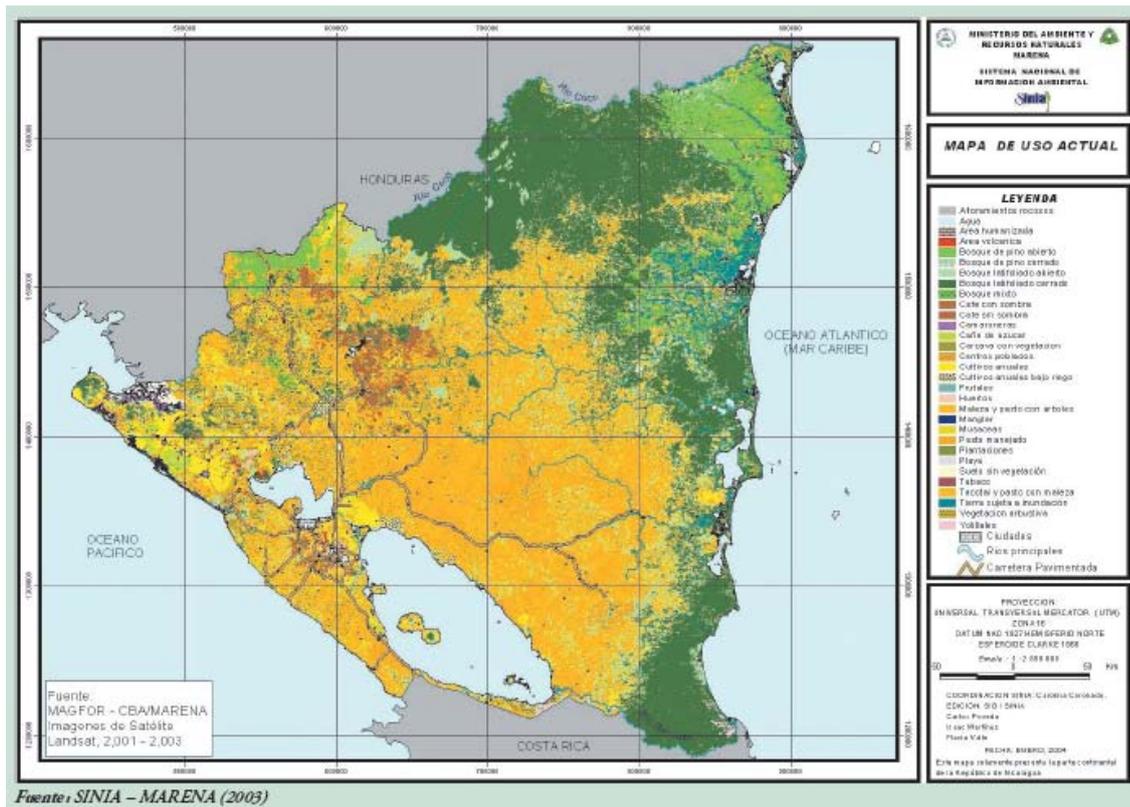
Anexo A.2. Mapa de Áreas Vulnerables a Sequía en Nicaragua,
FUENTE: INETER, 1994.



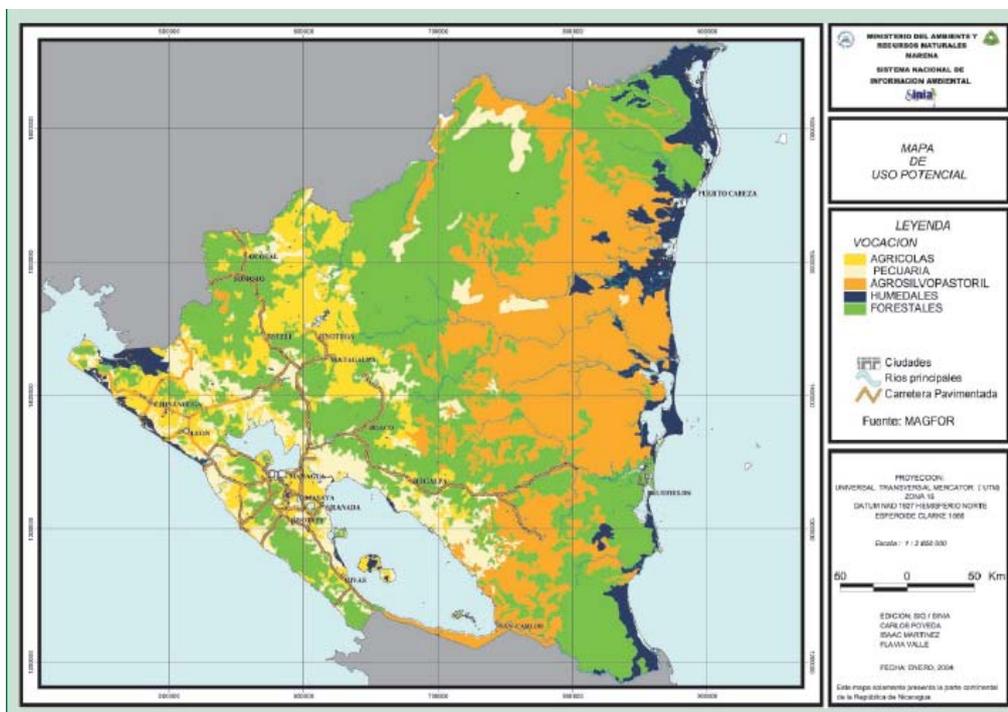
Anexo A.3. Mapa de División Política y Regional de Nicaragua,
FUENTE: Morrás E, 2000.



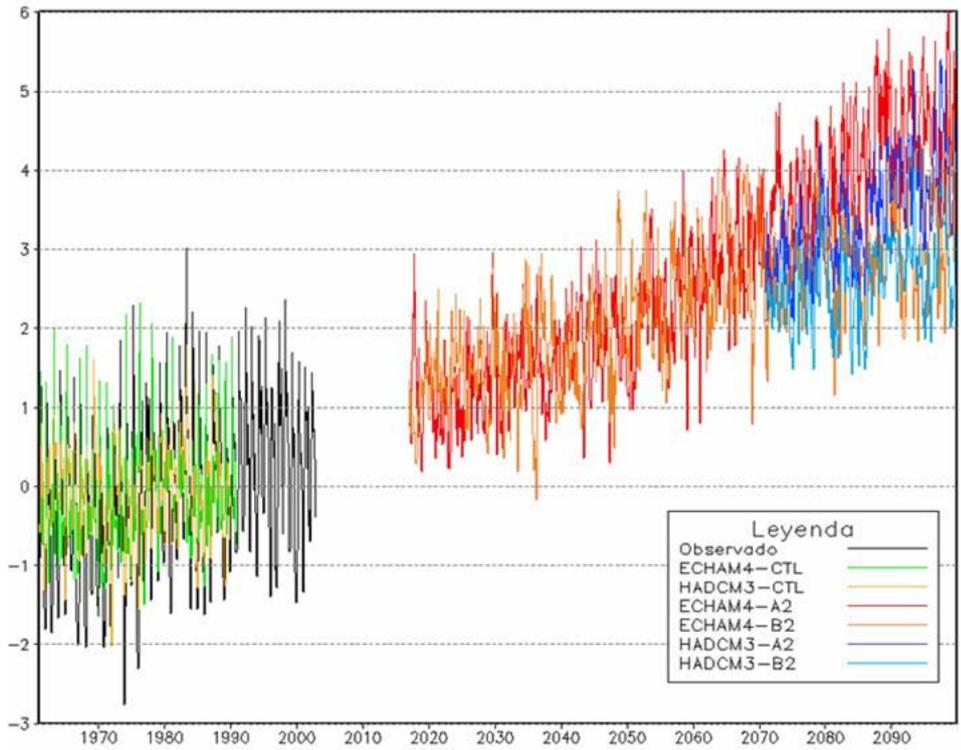
Anexo A.4. Distribución de la Población en Nicaragua,
FUENTE: Montenegro S., Conferencia Magistral: Nicaragua un País con Agua y Sed.



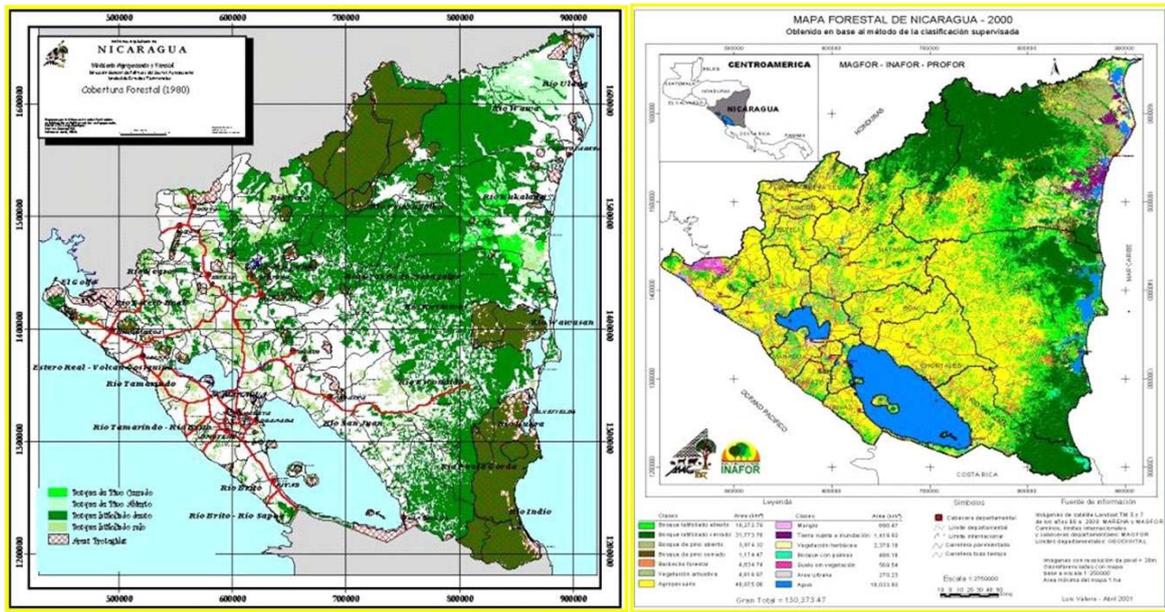
Anexo A.5. Mapa de Uso Actual del Suelo,
FUENTE: MARENA, 2004.



Anexo A.6. Mapa de Uso Potencial,
FUENTE: MAGFOR, 1997.



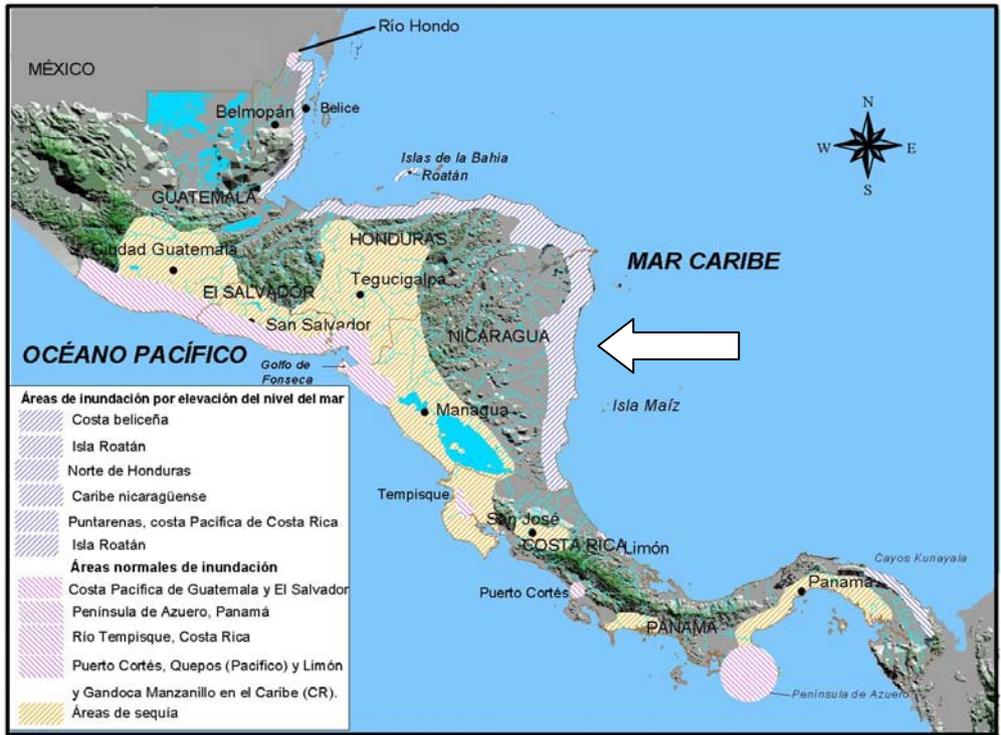
Anexo. A.7. Proyecciones de Temperatura Media Mensual del Aire en Superficie Nicaragua (Proyecciones para Nicaragua aplicando el Sistema de Modelación Regional PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies), FUENTE: MARENA, 2009.



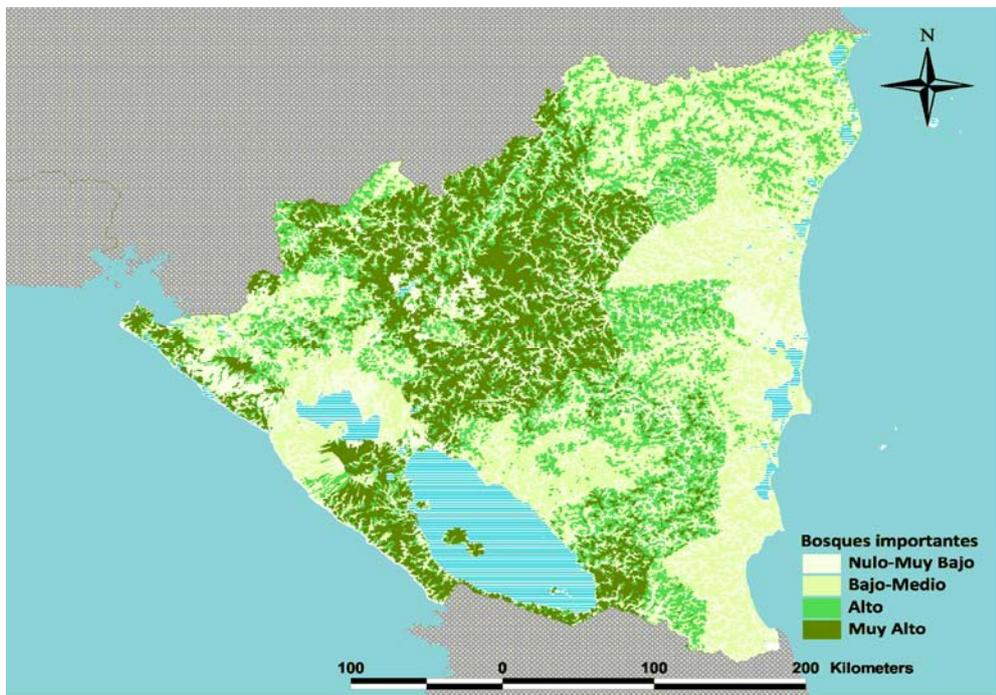
1980

2000

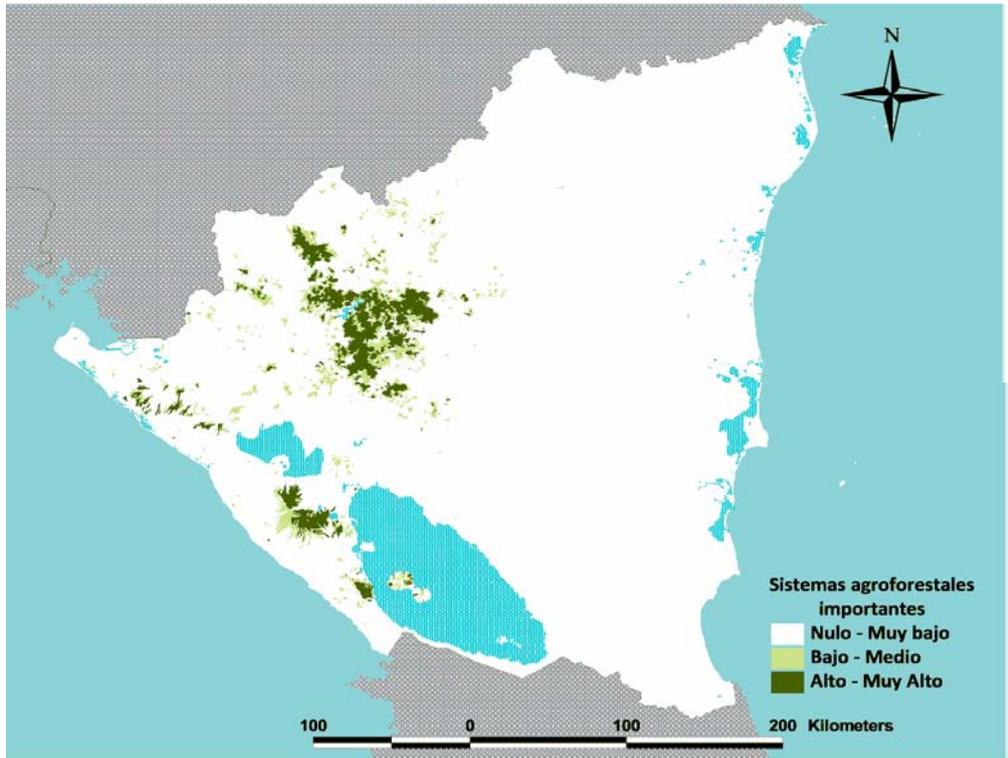
Anexo A.8. Mapa Forestal de Nicaragua del 1980 y 2000 FUENTE: MAG-FOR, 2002.



Anexo A.9. Áreas de Inundación por Elevación del Nivel del Mar.
 FUENTE: SICA, Marco Regional de Adaptación al Cambio Climático para Centroamérica



Anexo A.10. Importancia de los Bosques para el Sector de Agua Potable,
 FUENTE: González, 2006.



Anexo A.11. Importancia de los cultivos perennes para el sector agua potable, FUENTE: González, 2006.

Anexos B

VERTIENTES

VERTIENTE DEL MAR CARIBE			
CUENCA	NOMBRE DE LA CUENCA	AREA	PRECIPITACIÓN
No	RIO PRINCIPAL	Km ²	MEDIA ANUAL (mm)
45	RIO COCO	19,969.00	1.937
47	RIO ULANG	3,777.40	2.405
49	RIO WAWA	5,371.98	2.820
51	RIO KUKALAYA	3,910.25	2.800
53	RIO PRINZAPOLKA	11,292.40	2.586
55	RIO GRANDE de MATAGALPA	18,445.00	2.095
57	RIO KURINWAS	4,456.76	2.725
59	ENTRE RÍO KURINWAS Y RÍO ESCONDIDO	2,034.20	3.564
61	RIO ESCONDIDO	11,650.00	2.722
63	ENTRE RÍO ESCONDIDO Y RÍO PUNTA GORDA	1,592.96	3.710
65	RIO PUNTA GORDA	2,867.42	3.552
67	ENTRE RÍO PUNTA GORDA Y RÍO SAN JUAN	2,228.86	4.510
69	RIO SAN JUAN en NICARAGUA	29,824.00	1.694
	TOTAL	117,420.23	
VERTIENTE DEL PACIFICO			
CUENCA	NOMBRE DE LA CUENCA	AREA	PRECIPITACIÓN
No	RIO PRINCIPAL	Km ²	MEDIA(mm)
58	RIO NEGRO	1,428.00	1.859
60	RIO ESTERO REAL	3,690.60	1.682
62	ENTRE RÍO ESTERO REAL Y VOLCAN COSIGUINA	429.00	1.881
64	ENTRE VOLCAN COSIGUINA Y RIO TAMARINDO	2,950.66	1.670
66	RIO TAMARINDO	317.62	1.175
68	ENTRE RIO TAMARINDO Y RIO BRITO	2,768.69	1.357
70	RIO BRITO	274.00	1.316
72	ENTRE RIO BRITO Y RIO SAPOA	325.00	1.625
	TOTAL	12,183,57	

Anexo B.1. Áreas y Precipitación por Cuencas y Vertientes,
FUENTE: INETER

Cuenca Nº	Nombre de la cuenca	Oferta de agua (Mm ³ /año)	Demanda de agua (Mm ³ /año)	Disponibilidad de agua (Mm ³ /año)
58	Río Negro	277.26	197.64	79.62
60	Estero Real	781.97	1,030.25	248.28
62	Entre Estero Real y Volcán Cosigüina	171.79	75.70	96.09
64	Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo	1,901.75	1,923.54	21.79
66	Río Tamarindo	52.50	83.65	31.15
68	Entre Río Tamarindo y Río Brito	294.84	797.69	502.83
70	Río Brito	40.77	71.57	30.80
72	Entre Río Brito y Río Sapoá	47.98	19.39	28.59
Total de vertiente Pacífico		3568.86	4199.41	630.55
45	Río Coco	12,112.35	1,318.39	10,793.36
47	Río Ulang	6,271.01	217.84	6,053.17
49	Río Wawa	8,908.46	309.54	8,598.92
51	Río Kukalaya	6,488.54	225.21	6,263.33
53	Río Prinzapolka	18,182.74	653.67	17,529.07
55	Río Grande de Matagalpa	8,547.44	1,158.37	7,389.13
57	Río Kuriwas	8,325.01	257.62	8,067.39
59	Entre río Kurinwas y Río Escondido	4,112.54	117.71	3,994.83
61	Río Escondido	21,417.06	678.54	20,738.52
63	Entre Río Escondido y Río Punta Gorda	3,067.75	95.27	2,972.48
65	Río Punta Gorda	4,404.81	166.27	4,238.54
67	Entre Río Punta Gorda y Río San Juan	4,141.15	128.41	4,012.74
69	Río San Juan o cuencas de los grandes Lagos.	8,641.66	3,935.99	4,790.38
Total Vertiente del Atlántico		114,620.52	9,262.77	105,442.46

Anexo B.2. Estimaciones de la Oferta, Demanda y Disponibilidad Actual de Agua por Vertientes,

FUENTE: PHIPDA, 2003.

Cuencas Subterráneas (acuíferos)	Potencial estimado (Mm ³ /año)
León – Chinandega	462,0
Nagarote - La Paz Centro	114,0
Tonalá – Río Negro – Estero Real	54,0
Los Brasiles – Chiltepe	4,5
Tipitapa – Malacatoya	118,0
Managua – Granada	75,0
Nandaime – Rivas	120,0
Meseta de Carazo	75,0
Valles Costa Pacífico Sur	40,0
Sinecapa – Río Viejo	114,0
Punta Huete	40,0
Costa Este Lago de Nicaragua	150,0
Valle de Jalapa	10,0
Valle de Ocotal	5,0
Valle de El Jícaro	5,0
Valle de San Juan de Limay	5,0
Valle de Estelí	5,0
Valle de El Sauce	10,0
Valle de Sébaco	23,0

Anexo B.3. Disponibilidad de los Recursos Hídricos Subterráneos

FUENTE: www.ineter.gob.ni

Departamento	Población año 2009 (millones de habitantes)			Demanda de Agua año 2009 (Mm ³ /año)	
	Total	urbana	Rural	Urbana	Rural
Nueva Segovia	0,23	0,98	0,14	7,12	8,76
Jinotega	0,36	0,08	0,29	5,67	17,97
Madriz	0,14	0,04	0,99	2,88	6,23
Estelí	0,21	0,13	0,09	9,11	5,46
Chinandega	0,39	0,23	0,16	16,93	9,85
León	0,36	0,21	0,15	15,53	9,30
Matagalpa	0,51	0,19	0,32	13,73	19,90
Boaco	0,16	0,05	0,11	3,21	6,72
Managua	1,34	1,21	0,13	87,61	7,93
Masaya	0,31	0,17	0,14	12,51	8,68
Chontales	0,16	0,09	0,07	6,64	4,13
Granada	0,17	0,11	0,06	8,06	3,91
Carazo	0,17	0,11	0,07	7,76	4,15
Rivas	0,16	0,08	0,09	5,61	5,37
Río San Juan	0,11	0,03	0,08	1,53	5,10
RAAN	0,38	0,11	0,27	7,72	17,12
RAAS	0,32	0,12	0,20	8,60	12,68
Total	5,50	3,05	2,45	220,24	153,26
Demanda de agua total					373,50

Anexo B.4. Proyecciones de Población y Demanda de Agua Actual en el País. de INAA.

Año	Volumen de Producción	Consumo facturado (Mm ³ /año)					
		Residencial	Comercial	Industrial	Gobierno	Municipal	Total
1995	182.753,7	85.331,5	4.683,4	711,8	7.041,4	97.056,3	97.768,1
1996	184.760,0	86.665,7	4.631,1	719,9	6.970,0	98.266,8	98.986,7
1997	203.776,5	88.549,3	4.562,8	737,5	7.168,5	100.280,6	101.018,1
1998	207.735,5	95.964,1	4.896,5	776,0	7.864,5	108.725,1	109.501,1
1999	208.172,6	92.623,1	5.437,7	708,5	6.688,6	104.749,4	105.457,9
2000	224.022,8	94.557,5	5.694,7	739,8	6.897,2	107.149,4	107.889,2
2001	233.217,5	96.245,3	5.863,2	846,2	6.425,4	108.533,9	109.380,1
2002	240.499,4	94.239,8	5.958,6	848,8	6.342,5	106.540,9	107.389,7
2003	254.961,8	96.832,0	6.546,0	875,8	5.632,2	109.010,2	109.886,0
2004	264.930,3	98.599,7	8.853,6	838,0	6.600,2	114.053,5	114.891,5
2005	267.609,7	99.852,0	9.865,5	815,2	6.996,0	116.713,5	117.528,7
2006	271.065,5	103.336,7	10.742,2	756,8	6.874,6	120.953,5	121.710,2
2007	272.960,8	105.100,3	11.520,0	692,7	6.894,2	123.514,5	124.207,2
2008	286.974,0	112.519,6	12.701,2	745,4	7.120,0	132.340,8	133.086,2

Anexo B.5. Producción y Consumo Facturado por la Empresa Distribuidora de Agua ENACAL
FUENTE: Datos no publicados

Año	Uso Municipal miles m ³ /año	Tarifa municipal promedio USS/m ³	PIB servicios (USS)
2005	116.713,5	0,34	0,89
2006	120.953,5	0,32	0,96
2007	123.514,5	0,31	0,00
2008	132.340,8	0,30	0,00

Anexo B.6. Datos Históricos del Uso Municipal de Agua, PIB Municipal y Población,
FUENTE: ENACAL, Banco Central. Anuario Estadístico 2001-2008

Año	Agua para uso industrial, miles m ³ /año	PIB industrial, USD	Tarifa de agua industrial, USD/m ³
2005	6.996,0	4,13	0,88
2006	6.874,6	4,30	0,86
2007	6.894,2	4,46	0,83
2008	7.120,0	4,59	1,10

Anexo B.7. Datos Históricos del Uso Industrial de Agua, PIB Municipal y Tarifa,
FUENTE: ENACAL, Banco Central. Anuario Estadístico 2001-2008.

Año	Agua para uso agropecuario, (Mm³/año)	PIB agropecuario, USD	Tarifa de agua industrial, USD/m³
2005	-	0,95	-
2006	-	0,98	-
2007	-	0,96	-
2008	12,701.2	1,01	0.239

Anexo B.8. Datos Históricos del Uso Agropecuario de Agua, PIB Municipal y Tarifa.
FUENTE: MAGFOR. Subprograma Desarrollo y Reactivación del Riego para Contribuir a la Seguridad Alimentaria en Nicaragua. Octubre 2008 y Banco Central. Anuario Estadístico 2001-2008.

País	Año 2005 (miles de m³/mes)	Año 2007 (miles de m³/mes)	Año 2008 (miles de m³/mes)
Enero	22,480.9	23,633.4	24,528.9
Febrero	22,546.8	23,476.8	24,385.6
Marzo	22,074.0	22,884.2	24,833.5
Abril	22,956.7	23,695.1	23,725.9
Mayo	23,063.8	23,507.5	24,565.3
Junio	22,525.0	22,988.4	23,823.8
Julio	22,320.2	21,532.7	23,522.8
Agosto	22,523.5	21,109.0	23,584.8
Septiembre	22,096.6	21,257.1	23,404.8
Octubre	21,085.7	22,145.4	22,642.8
Noviembre	21,843.4	22,713.1	24,334.4
Diciembre	22,093.1	24,018.1	23,621.5

Anexo B.9. Datos de Consumo de Agua por Mes en Nicaragua para Tres Años Distintos,
FUENTE: Datos no publicados.

Meses	MANAGUA (Capital)		
	Año: 2006 (m ³ /mes)	Año: 2004 (m ³ /mes)	Año: 2003 (m ³ /mes)
Enero	5,599,457	5,401,037	5,102,681
Febrero	5,733,095	5,288,394	5,209,010
Marzo	5,792,193	5,418,940	5,401,624
Abril	5,919,968	5,680,236	5,290,574
Mayo	6,020,277	5,758,188	5,308,775
Junio	6,110,238	5,809,312	5,314,169
Julio	5,855,418	5,516,539	4,984,278
Agosto	5,754,697	5,406,682	4,766,144
Septiembre	5,653,586	5,359,304	4,982,557
Octubre	5,667,121	5,373,208	4,824,464
Noviembre	5,665,267	5,350,340	4,906,144
Diciembre	5,297,775	5,398,206	5,455,560

Anexo B.10. Datos de Consumo de Agua por Mes en Managua, para Tres Años Distintos
FUENTE: INIDE, Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Compendio Estadístico 2003 - 2004 y Anuario Estadístico 2006.

Meses	RIO SAN JUAN (Región Autónoma Atlántico Sur)		
	Año: 2006 (m ³ /mes)	Año: 2004 (m ³ /mes)	Año: 2003 (m ³ /mes)
Enero	25,837	27,532	27,991
Febrero	26,927	28,267	30,022
Marzo	27,406	28,042	27,844
Abril	26,709	27,983	28,250
Mayo	27,401	28,062	28,666
Junio	27,499	26,451	28,715
Julio	27,698	26,371	27,309
Agosto	27,260	26,726	27,884
Septiembre	27,057	27,665	29,237
Octubre	28,092	26,074	29,098
Noviembre	26,704	26,716	28,532
Diciembre	26,707	27,029	28,441

Anexo B.11. Datos de Consumo de Agua por Mes en Rio San Juan, para Tres Años Distintos
FUENTE: INIDE, Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Compendio estadístico 2003 - 2004 y Anuario Estadístico 2006.

Meses	OCCIDENTE (Occidente de Nicaragua) LEON + CHINANDEGA		
	Año: 2006 (m ³ /mes)	Año: 2004 (m ³ /mes)	Año: 2003 (m ³ /mes)
Enero	1,346,412	1,216,388	1,199,376
Febrero*	1,433,504	1,286,025	1,297,400
Marzo**	1,458,207	1,319,301	1,296,621
Abril***	1,412,886	1,303,427	1,254,282
Mayo****	1,459,780	1,351,998	1,253,116
Junio	1,476,737	1,330,858	1,365,280
Julio	1,384,038	1,275,139	1,240,849
Agosto	1,350,081	1,239,144	1,167,030
Septiembre	1,379,845	1,258,540	1,213,483
Octubre	1,361,080	1,221,076	1,236,728
Noviembre	1,337,307	1,195,191	1,180,596
Diciembre	1,354,894	1,222,744	1,209,881
* Poco ** Moderado *** Fuerte **** Muy fuerte			

Anexo B.12. Datos de Consumo de Agua por Mes en León - Chinandega, para Tres Años Distintos,

FUENTE: INIDE, Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Compendio Estadístico 2003 - 2004 y Anuario Estadístico 2006.

DEPARTAMENTO	Población estimada año 2009	Población Urbana año 2009 (habitantes)	Población Rural año 2009 (habitantes)	Porcentaje de la población Total del país (%)
Nueva Segovia	238362	98205	140157	4,33
Jinotega	365732	78267	287465	6,64
Madriz	143941	44190	99751	2,61
Estelí	213074	125714	87360	3,87
Chinandega	391243	233572	157671	7,11
León	362948	214139	148809	6,59
Matagalpa	507847	189427	318420	9,23
Boaco	156752	49220	107532	2,85
Managua	1335204	1208360	126844	24,26
Masaya	311438	172536	138901	5,66
Chontales	157660	91600	66059	2,86
Granada	173633	111125	62508	3,15
Carazo	173502	107051	66451	3,15
Rivas	163274	77392	85882	2,97
Río San Juan	108013	26463	81550	1,96
RAAN	380374	106505	273870	6,91
RAAS	321489	118630	202860	5,84
TOTAL	5504485	3052395	2452090	100,00

Anexo B.13. Estimaciones de la Población Actual por Departamento,
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos poblacionales del Censo poblacional 2005 tomando como tasa de crecimiento 1,3, y método de proyección geométrica.

Sector Poblacional	Población estimada al año 2009 (habitantes)	Población con acceso a Agua potable (habitantes)		Población abastecida con agua subterránea (habitantes)		Población abastecida con agua superficial (habitantes)	
Población Urbana	3052396	77 %	2350345	70%	1645241	30%	705103
Población Rural	2452090	56%	1373170		961219		411951
Población Total	5504486		3723515		2606461		1117055

Anexo B.14. Estimaciones de la Población Actual con Acceso Agua Potable y la Fuente de Abastecimiento,
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos poblacionales del Censo INEC 2005 y ENACAL, 2008.

Regiones del País	Población estimada año 2009		Población total con acceso a Agua potable (habitantes)	Población abastecida con agua subterránea (habitantes)		Población abastecida con agua superficial (habitantes)	
	Urbana (habitantes)	Rural (habitantes)					
Región del Pacífico	2246350	787110	2170471	70%	1519330	30%	651141
Región Central	676623	1106744	1140776		798543		342233
Atlántico	251598	600452	529984		370989		158995
Total	3174571	2494306	3841231		2688862		1152369

Anexo B.15. Estimación de la Cobertura de Agua por Regiones del País y por Fuente de Abastecimiento,

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos poblacionales del Censo INEC 2005 y ENACAL, 2008.

Ciudades abastecidas por acuíferos costeros	Población proyectada al 2008
Puerto Cabezas	68783
Prinzapolka	16741
Laguna de Perlas	11098
Bluefields	47347
San Juan del Norte	1359
Puerto Morazán	13855
Corinto	17281
San Juan del Sur	15323
Total	191786
Población total del país abastecida de agua potable	5668877
Porcentaje de la población abastecida con acuíferos costeros del país	3,33%

Anexo B.16. Estimación de la Población que se Abastece de Acuíferos Costeros,

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos poblacionales del Censo INEC 2005.

Sitio	Nombre de Planta de Tratamiento de aguas residuales.	Caudal tratado (m ³ /año)
Masaya	Masaya	2172,845
	Masatepe	43,520
Granada	Granada	1145,735
Rivas	Rivas	1088,430
	San Juan del Sur	-
Managua	Cuidad Sandino	1923,696
	San Rafael del Sur	274,480
	Managua	66, 630,020
Jinotepe	Jinotrepo	266,815
	San Marcos	270,830
Boaco	Camopa	92,716
Esteli	Esteli	3014,900
Nueva Segovia	Ocotal	724,160
Madriz	Somoto (Modulo I)	425,225
	Somoto (Modulo II)	2591,865
Chinandega	El Cementerio	417,195
	Roberto Gonzales	321,352
	El Viejo	321,352
	Chichigapla	5674,290
León	Sutiava	503,335
	El Cocal	
	San Isidro	
	San Carlos	
	El Patriarca (Nagarote)	
	Santa Elena (Nagarote)	
Total		21272,741

Anexo B.17. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del País y Caudal Tratado,
FUENTE: Revista Gestión ENACAL, 2008

Referencias

Altamirano M. y Bundschuh J., (2009, en preparación). Natural arsenic groundwater contamination of the sedimentary aquifers of southwestern Sébaco Valley, Nicaragua. *Geoquímica del Arsénico en América Latina*.

Altamirano, M., (2005). Distribución de la Contaminación Natural por Arsénico en las Aguas Subterráneas de la Subcuenca Suroeste del Valle de Sébaco, Matagalpa-Nicaragua. <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/MaxAltamirano.pdf>.

AMUGRAN (2002). Asociación de Municipios de la Cuenca del Gran Lago de Nicaragua, Declaratoria Pública de los Alcaldes de la Asociación de Municipios de la Cuenca del Gran Lago de Nicaragua. Managua.

Andre L., Rosen K., Torstendahl J. (1997) Minor field study of mercury and lead pollution from gold refining in central Nicaragua. Department of Environmental Engineering, Lulea University of Technology, Lulea.

Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (2008). Descripción del Proyecto Minero Crucitas, Violaciones al derecho internacional y posibles impactos ambientales. San José. AIDA, Agosto 2008.

Arguello O., (2008). Revisión y Actualización de la estrategia del sector de agua potable y saneamiento, 2008-2015, Nicaragua/Informe final. Managua, Julio 2008.

BCN (2009). Banco Central de Nicaragua. Nicaragua en Cifras. <http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/nicaraguacifras/Nicaragua%20en%20cifras%202007%20WEB.pdf>

BCN, (2008). Banco Central de Nicaragua, 2008. Anuario de Estadísticas Económicas 2001-2008. <http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/anuario/Anuario%20estadistico%202008.pdf>

Briemberg, J., (1994). An investigation of pesticide contamination of groundwater sources for urban water distribution systems in the Pacific Region of Nicaragua. Final Report 3, CIDA Awards for Canadians.

Calderón, H., (2003). Numerical modeling of the groundwater flow system in a sub-basin of the Leon-Chinandega aquifer, Nicaragua. MSc Thesis. University of Calgary, Calgary, Alberta.

Campos O. M., Picado T. F. y Rapidel B. (2000). Escenarios Climáticos y Socioeconómicos de Nicaragua para el Siglo XXI. Primera Comunicación Nacional. MARENA, Marzo del 2000, 48 Págs.

CATHALAC, PNUD, GEF., (2008). Síntesis Regional: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba [E. Sempris, M. Chiurliza, Joel Pérez y M. Tuñón (edt.)].

CCO, (2001). Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América y Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica Regionalización. Biofísica de Tres Regiones del Pacífico de Nicaragua. <http://www.sam.usace.army.mil/en/wra/Nicaragua/WRA%20SPANISH.pdf>

Capsnicaragua (2009). Continúa Escasez de agua en Siuna. 16 de abril, 2009. <http://capsnicaragua.blogspot.com/2009/04/continua-escasez-de-agua-en-siuna.html>

Castillo Hernández E., Calderón Palma H., Delgado Quezada V., Flores Meza, Y. y Salvatierra, T., (2006). Situación de los Recursos Hídricos en Nicaragua. Boletín Geológico y Minero. (Situation of Water Resources in Nicaragua) Instituto Geológico y Minero de España, **117** (1):127-146.

Centro Humboldt (2001). Caracterización hidrogeológica, hidroquímica, bacteriológica y de plaguicidas en las aguas subterráneas del municipio de Posoltega. Managua, Nicaragua.

CEPAL, GTZ (2009). Cambio climático y Desarrollo en América Latina y el Caribe: Una Reseña. <http://www.eclac.cl/dmaah/noticias/paginas/6/34886/libro-cc.pdf>

CEPAL (1999). Nicaragua: Evaluación de los Daños Ocasionados por el Huracán Mitch, 1998. Sus implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente.

CEPIS-OPS, 2002. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias. Tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina, Inventario regional del manejo de las aguas residuales. Convenio IDRC-CEPIS 2000-2002.

CIRA/UNAN (2009). Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos. (Informe Final de la Primera Campaña de Muestreo, Proyecto “Evaluación del Impacto de los Lixiviados del Basurero de la Ciudad de Managua, La Chureca, a las Aguas del Lago Xolotlán, al Acuífero Afectado y a la Laguna Acahualinca. CIRA/UNAN, Managua.

CIRA/UNAN (2008). Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos. Informe Final-Evaluación y Monitoreo de la Calidad del Agua del Lago de Managua, Proyecto de Apoyo a la Ejecución del Programa de Saneamiento Ambiente del Lago y la Ciudad de Managua, Contrato de Préstamo BID 1060/SF-NI.ENACAL e INETER.

CIRA/UNAN (1999a). Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos. Diagnóstico de la calidad toxicológica de las aguas y suelos y calidad bacteriológica de las aguas del municipio de Posoltega. Managua, Nicaragua.

CIRA/UNAN (1999b). Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos. Proyecto ARCAL XXXI. Caracterización de los acuíferos para la gestión sustentable de los recursos hídricos subterráneos en áreas urbanas. Informe Nicaragua. Estudio isotópico y de la contaminación del acuífero León-Chinandega. Managua, Nicaragua.

CONAGAN (2009). Comisión Nacional Ganadera de Nicaragua. Comunicación personal con el Gerente General de CONAGAN, Dr. Blandón.

CONAGUA y WWC (2006). Comisión Nacional de Agua y World Water Council, Datos de extracción de agua en Centroamérica. Presentado en Foro Mundial del Agua México, 2006.

Corrales, D. y Jarquín, A., (1982). Determinación de los niveles de mercurio en el lago Xolotlán, Laguna de Asososca y agua subterránea. JGRN, IRENA. Managua.

Delgado, V. (2003). Groundwater Flow System and Water Quality in a Coastal Plain Aquifer in Northwestern Nicaragua. M.Sc thesis. University of Calgary, Calgary, Alberta.

ENACAL (2008a). Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. Plan de Desarrollo Institucional 2008-2012: Estrategia Sectorial de Agua Propuesta por ENACAL, Diciembre, 2008. Managua.

<http://www.enacal.com.ni/media/imgs/informacion/LIBRO%20ENACAL%20CAMBIO%20ENERO-05.pdf>

ENACAL (2008b) Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. Revista. Informe de Gestión 2008, Diciembre 2008. Managua.

<http://www.enacal.com.ni/media/imgs/informacion/LIBRO%20ENACAL%20CAMBIO%20ENERO-05.pdf>

ENACAL (2007). Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. ABC sobre el recurso agua y su situación en Nicaragua. Segunda Edición.

<http://www.enacal.com.ni/media/imgs/informacion/ABCdelAgua1.pdf>

ENACAL (2005). Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios. Efluentes Industriales que se descargan al alcantarillado sanitario de Managua. Gerencia Ambiental. Unidad de Vertidos Industriales, Agosto, 2005.

END, (2009) El Nuevo Diario, viernes 3 de abril, 2009. Departamentales: “Escasez de agua afecta El Cuá.” <http://impreso.elnuevodiario.com.ni/2009/04/03/departamentales/98902>.

ENDESA (2007). Encuesta Nicaragüense de Demografía y Salud. 2006-2007.

http://www.ops.org.ni/index.php?Itemid=34&func=fileinfo&id=524&option=com_remository.

FAO – MARENA (2002). Estudio sobre el potencial de mitigación del sector forestal para Nicaragua para el cambio climático, en el marco del MDL. Proyecto Bosques y Cambio Climático en Centro América. Editor: J. A. Viteri. Diciembre de 2002.

FAO (1992). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Estudio Subsectorial del Riego Privado. Vol. II de II (Anexo 4, 5, 6, 7).

FAO- AQUASTAT (2003). Water Resources, Development and Management Service, Information System on Water and Agriculture, Land and Water, General Summary Latin America and the Caribbean. www.fao.org/AG/agl/aglw/aguastat/regions/lac/index3.stm.

Fekete, B. Vörösmartz, C. y W. Grabs (2002). Global Composite Runoff Fields, CSRC. UNH. Deichmann, U., Gridded Population of the world. <http://www.ciesin.org/datasets/gpw/globaldem.doc.html>

González, H. C. (2006). Identificación de bosques y sistemas agroforestales importantes proveedores de servicios ecosistémicos para el sector agua potable en Nicaragua. Tesis para optar al grado de *Magíster Scientiae* en Agroforestería Tropical. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Guatemala J. (2007). Caracterización de la Estela de Contaminación del basurero la Joya en Granada, Nicaragua. Tesis de Maestría CIRA/UNAN, Nicaragua. <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/JGuatemala.pdf>

Hydrological Bulletin (1991). Limnology of Lake Xolotlán (Lake Managua), Nicaragua. Journal of the Netherlands Hydrobiological Society. Vol. **25**(2), 1991.

IANAS (en preparación 2009). Interamerican Network of Academies of Sciences. Recursos Hídricos de Nicaragua: Una Visión Estratégica.

INAA (1999). Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (NTON 09003-99) Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua. Managua.

INEC (2006). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Informe del VIII Censo de Población y IV de Vivienda, Censo 2005. Managua.

INEC (2005). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta de Hogares para la Medición de Empleo. Informe General.

INEC (2005). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Informe de VIII Censo Poblacional y IV de Viviendas, 2005-2006. Revista.

INEC (2003). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Compendio Estadístico 2000-2002.

INETER (2006). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Boletín Hidrogeológico.

INETER (2000). Estudios hidrológicos e hidrogeológicos en la región de Chinandega – León – Nagarote (Acuífero de Occidente). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales – Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG-FOR).

INETER, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Datos sobre la Hidrología de Nicaragua. <http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Recursos%20Hidricos/index.html>.

INETER (1997). Dirección General de Meteorología. Perspectivas de las precipitaciones en Nicaragua ante un evento ENOS, Documento Técnico. Gutiérrez, M., INETER.

INETER, Clasificación de Humedad disponible en Nicaragua.
<http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/estudios/clasificacion%20de%20humedad.htm>

INIDE (2006). Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Compendio estadístico 2003 - 2004 y Anuario Estadístico 2006.

International Water Management Institute (2007). The Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, System wide Initiative on Water Management (SWIM) (www.iwmi.cgiar.org/assessment).

IPCC (2007). Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático. Cambio Climático 2007, Informe de Síntesis. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.

Jiménez García, Mario, Montenegro Guillén, Salvador y Yoshiaki Yasuda, (en preparación). Contaminación por Mercurio en el lago Xololtán y la Salud de Poblaciones Humanas que Habitan en Zonas Costeras.

Lacerda, L.D. (2003). Updating global Hg emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impact. *Environmental Geology*. **43**, 308-314.

La Gaceta (2007a). Diario Oficial de la República de Nicaragua, No. 159. Ley No. 626, Ley que Crea la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Cocibolca y del Río San Juan. Publicada el 21 de Agosto del 2007.

La Gaceta (2007b). Diario Oficial de la República de Nicaragua, No. 169. Ley No. 620, Ley General de Aguas Nacionales. Publicada el 4 de Septiembre del 2007.

La Gaceta (2002). Diario Oficial de la República de Nicaragua, Ley No. 423. Ley General de Salud. Publicado 6 de Mayo del 2002.

La Gaceta, 2002. Diario Oficial de la República de Nicaragua. No. 56. DECRETO No. 21-2002, De Creación de la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio.

La Gaceta (2001). Diario Oficial de la República de Nicaragua No. 233, Decreto No. 1072001 del Presidente de la República, La Política Nacional de los Recursos Hídricos. Publicada 07 de Diciembre del 2001

La Gaceta (1996). Diario Oficial de la República de Nicaragua. No. 105. Ley 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua. Publicado el 6 de Junio del 1996.

La Gaceta (1995). Diario Oficial de la República de Nicaragua, No. 118. Decreto No. 33-95, Disposiciones para el Control de la Contaminación Provenientes de las Descargas de Aguas Residuales Domesticas, Industriales y Agropecuarias. Publicada 26 de Junio de 1995.

Losilla, M., H. Rodríguez, Schosinsky G., Stimson J. y Bethune D. (2001). Los Acuíferos Volcánicos y el Desarrollo Sostenible en América Central, Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.

MAGFOR (2008). Ministerio de Agropecuario Forestal. Subprograma Desarrollo y Reactivación del Riego para Contribuir a la Seguridad Alimentaria en Nicaragua. Octubre 2008.

MAGFOR (2002). Ministerio Agropecuario y Forestal. Dirección General de Estrategias Territoriales, Mapa Forestal.

MAGFOR (2000). Ministerio Agropecuario y Forestal. Estrategia para el Manejo de *Dendroctonus* spp. En Nicaragua. DGPSa-INAFOR.

MAGFOR (1997). Ministerio de Agricultura y Forestal. Sistema de Información Geográfica, Nicaragua, Potencialidades y Limitaciones de sus Territorios.

MARENA (2009). Nicaragua. Segunda Comunicación Nacional. Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Versión Prensa, Presentación Julio 2009.

MARENA (2008a). Evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas recursos hídricos y agricultura en la Cuenca No. 64. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación en Centroamérica, México y Cuba [F. Picado T., B. Tórrez G. (eds.)]. PAN10 – 00014290.

MARENA (2008b). Estrategia de adaptación ante el cambio climático de los sistemas recursos hídricos y agricultura en la Cuenca No. 64. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación en Centroamérica, México y Cuba [G. Medina, F. Picado T., B. Tórrez G. (eds.)]. PAN10 – 00014290.

MARENA (2008c). Escenarios de Cambio Climático de Nicaragua a partir de los resultados del modelo PRECIS, [Centella, A.; Bezanilla A. (edt.)]. Proyecto Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, NIC10 – 00036532. Oficina Nacional de Desarrollo Limpio, MARENA.

MARENA (2008d). Segundo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, Nicaragua, Año de Referencia 2000.

MARENA (2007). Síntesis: Evaluación de la vulnerabilidad actual ante el cambio climático del sistema caficultura y su vínculo con la seguridad alimentaria. Proyecto “Actividades Habilitantes para la Preparación de la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.”, [F. Picado T., A. Martínez O., B. Tórrez G. (edt.)]. PNUD-NIC10-00036532.

MARENA (2005). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Informe de Evaluación de la Vulnerabilidad Actual de los Sistemas Recursos Hídricas y Agricultura en la Cuenca Hidrográfica No. 64. Oficina Nacional de Desarrollo Limpio. Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba.

MARENA (2005). Ministerio del Ambiente y los Recursos Nacionales. Plan Nacional de Erradicación de basura, Noviembre 2005.

MARENA (2004). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Estado del Ambiente en Nicaragua, 2003, Segundo Informe GEO.

MARENA (2004). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Sistema Nacional de Información Ambiental, SINIA, Imágenes de Satelite Landsat, 2001-2003.

MARENA (2003). Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático. Proyecto Primera Comunicación Nacional ante el Cambio Climático, [S. Heumann, G. Wilson V., F. Picado T. (eds)]. PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

MARENA (2001). Informe Estado del Ambiente en Nicaragua.

MARENA – PNUD (2000). Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua ante el cambio climático. Cruz Meléndez, O., et. Al. Proyecto Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

MIDINRA (1985). Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. “Una Estrategia de Riego de las Planicies del Pacífico de Nicaragua”.

MIFIC (2002). Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. La Industria Minera en Nicaragua 2000-2002. Segunda Edición.

MINSA, (2007). Ministerio de Salud. Boletín epidemiológico, semana 51 año 2007. <http://www.minsa.gob.ni>.

Montenegro S. (2009). Nicaragua un País con agua y sed. Conferencia magistral, El guacal 2-2009.

Montenegro, S. (2003). Lake Cocibolca/Nicaragua. In Lakenet (ed.) World Lake Basin Management Initiative, Regional Workshop for Europe, Central Asia and the Americas, held at St. Michael’s College, Vermont 18-21 June 2003.

Montenegro, S. (2006). Gran Lago Cocibolca. Reserva Nacional de Agua Potable para Nicaragua? www.ecoport.net/content/view/full/59427.

Montenegro S. (2009). Nicaragua - Plan de Gestión del Gran Lago Cocibolca, Aplicación de Criterios GIRH en la Organización del Plan de Gestión.

<http://www.gwpcentroamerica.org/uploaded/content/category/1924515248.pdf> y http://www.gwptoolbox.org/index.php?option=com_case&id=216&Itemid=41

Morrás E. (2000). Seguridad alimentaria sostenible en zonas marginales de Nicaragua. 2000.

Nicaraguan Research Center for Aquatic Resources (CIRA/UNAN) and National Institute for Minamata Disease, Japan, (2007). Final Report on Environmental Contamination from Mercury in Lake Xolotlán, Nicaragua: Human Health Risk Assessment to Interamerican Development Bank.

OPS (1996). Organización Panamericana de la Salud. Vigilancia Ambiental. Fundación W.K. Kellogg. Serie HSP-UNI/Manuales operativos PALTEX.

OPS-OMS (2004). Organización Panamericana de Salud. Estrategia sectorial de Agua Potable y Saneamiento de Nicaragua, Noviembre, 2004.

ONU (1974). Organización de Naciones Unidas. Investigaciones de aguas subterráneas en la Región de la Costa del Pacífico. Zona de Chinandega. Vol. I y II. New York.

PARH (1997). Plan de Acción de los Recursos Hídricos de Nicaragua. Evaluación Rápida de los Recursos Hídricos. Plan de acción de los recursos hídricos en Nicaragua.

PASOLAC (2006). Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. http://www.watershedmarkets.org/casestudies/Nicaragua_San_Pedro.html

PHIPDA (2003). Plan Hidrológico Indicativo Nacional y Plan Anual de Disponibilidad de Agua, 2003. Diagnóstico de los Recursos Hídricos por Cuenca Hidrográfica.

Picado, F. (2008). Fluvial transport and risk of mercury in a gold mining area. Tesis Doctoral de la Universidad de Lund, Suecia, Departamento de Ecología, Ecología Química y Ecotoxicología.

PIMCHAS/MARENA (2009). Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Agua y Saneamiento www.marena.gob.ni/index.php?option=com...task y <http://www.care.org/careswork/projects/NIC154.asp>

PROCUENCA SAN JUAN (2004a). Informe Técnico Final, sobre agua y clima, Enfrentando la Variabilidad del Clima en una Cuenca Transfronteriza de América Central: La Cuenca del Río San Juan, Proyecto PROCUENCA.

http://www.oas.org/sanjuan/spanish/documentos/dialogo/dialogo/04-tecnical_report/03-BasinDescription.html

PROCUENCA-SANJUAN (2004b). Integración de los Estudios Básicos del Proyecto “Formulación de un Programa de Acciones Estratégicas para la Gestión Integrada de los

Recursos Hídricos y el Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río San Juan y su Zona Costera.

PNUD (2007-2008). Programa de de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Informe para el Desarrollo Humano, 2007-2008.

PNUD (2006). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Informe sobre Desarrollo Humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua.

Proyecto RepCar (2009). Proyecto “Colombia, Costa Rica y Nicaragua, Reduciendo el Esguerrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe” (GEF-REPCar), “Monitoreo del Esguerrimiento de Plaguicidas al Caribe Nicaragüense”. <http://cep.unep.org/repcar/coastal-monitoring>.

SINIA, (2008). Sistema Nacional de Información Ambiental. Medio Ambiente en Cifras: Nicaragua 2004-2007. Managua. www.sinia.net.ni.

Stolz, W.; Alvarado, L., Villalobos, R.; Barrantes, J. (2006). Escenarios de Cambio Climático para Centroamérica y Costa Rica. PNUMA-TWAS “Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America”. Comité Regional de Recursos Hidráulicos del Istmo Centroamericano (CRRH), Universidad de Costa Rica (UCR).

Telmer K., Costa, M., Angélica, R.S., Araujo, E.S., Marice, Y. (2006). The source and fate of sediment and mercury in the Tapajós River, Pará, Brazilian Amazon: Ground- and space-based evidence. *Journal of Environmental Management*. **81**, 101-113.

Vammen, K., J.Pitty, Montenegro Guillén, S. (2006). Evaluación del Proceso de Eutrofización del Lago Cocibolca, Nicaragua y sus Causas en la Cuenca. Eutrofización en América del Sur, Consecuencias y Tecnologías de Gerencia y Control, Instituto Internacional de Ecología, Interacademic Panel on International Issues, 35-58.

Vargas, O. R. (2007). Centroamérica: Las Metas del Milenio, Centro de Estudios de la Realidad Nacional (CEREN).

Velásquez G. (1994) Diagnóstico da contaminação ambiental gerada pela atividade mineraria sobre os Rios Súcio, Mico e Sinecapa, Nicaragua. MSc Dissertation, Centro de Geociencias, Univesidade Federal do Para, Belém.

WWAP (2006) UN-Water’s World Water Assessment Programme. Water, a shared responsibility. The United Nations World Water Development Report 2.

Weyl, R. (1980). Geology of Central America. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Science Publishers, Stuttgart.